

POTENTIELLE GEFÄHRDUNG VON HERZSCHRITTMACHER-
PATIENTEN BEI TRANSURETHRALEN OPERATIONEN:
KLINISCHE UND EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

JOACHIM LAUBENTHAL

1984

Diss.
München

Aus der Urologischen Klinik der Ludwig-Maximilians-
Universität München

(Vorstand: Professor Dr. E. Schmiedt)

POTENTIELLE GEFÄHRDUNG VON HERZSCHRITTMACHER-
PATIENTEN BEI TRANSURETHRALEN OPERATIONEN:
KLINISCHE UND EXPERIMENTELLE
· · · · ·
UNTERSUCHUNGEN

Inauguraldisseratation
zur Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

vorgelegt von
Joachim LAUBENTHAL
aus München

1984

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Berichterstatter: Professor Dr.E. Schmiedt

Mitberichterstatter: Professor Dr.G. Staehler

Dekan: Professor Dr.W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 18. Dezember 1984

Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet

GLIEDERUNG

1. Einleitung

Zielsetzung: Vermeidung von intraoperativen
Komplikationen und Gefährdungen
von Patienten.

2. Methode

2.1 Klinik

2.1.1. Beobachtung von urologischen Operationen
an Herzschrittmacher - Patienten

2.1.2. Aufzeichnung von intraoperativ erstellten EKG's

2.1.3. Aufzeichnung von intraoperativ abgeleiteten
Fingerpulscurven

2.1.4. Aufzeichnung der Einschalthäufigkeit des
Resektoskops

2.1.5. Auswertungskriterien von EKG - Störungen

2.2.1. Herzschrittmacherbeeinflussung in vitro
(experimenteller Versuchsaufbau)

2.2.2. Herzschrittmacherbeeinflussung in vivo im
Hundeversuch (experimenteller Versuchsaufbau)

3. Material

3.1. Klinik

3.1.1. Art des Patientengutes

3.1.2. Geschlechtsverteilung

3.1.3. Altersverteilung

3.1.4. urologische Diagnose

3.1.5. cardiologische Diagnose

3.1.6. Operationsdauer

3.1.7. Narkoseart

- 3.1.8. Resektatgewicht
- 3.1.9. verschiedene Operateure
- 3.1.1.1. Art der Herzschrittmacher und Übersicht über
den Stand der Schrittmachertechnik
- 3.1.1.2. Fabrikat der Schrittmacher
- 3.1.1.3. Lokalisation der Schrittmacher
- 3.1.1.4. Alter der implantierten Schrittmacher
- 3.1.1.5. Aufbau der Schutzschaltungen gegen externe
Störeinflüsse und Störimpfindlichkeit
- 3.1.1.6. Prinzip der Störbeeinflussung bei Schrittmachern
- 3.1.1.7. Vulnerable Phase des Herzens
- 3.2. Experiment
- 3.2.1. Die getesteten Schrittmacher und Elektroden im
in-vitro-Test
- 3.2.2. Die verwendeten Schrittmacher und Sonden in den
Tierversuchen
- 3.3. Statistik und Berechnung
- 3.3.1. Einteilung der EKG's in 10-Sek. Intervalle und
Hochrechnung
- 3.3.2. Auswertung der meßbaren Störeinflüsse
- 4. Ergebnisse
- 4.1. Theoretische Betrachtung
- 4.1.1. Häufigkeit von gefährdeten Frequenzen bei
TUR's insgesamt
- 4.1.2. Verteilung der Impulse beim Koagulieren und
beim Schneiden
- 4.2. Praktische, hämodynamisch wirksame Bedeutung
bei TUR's
- 4.2.1. Tatsächliche Häufigkeit von hämodynamischen
Störungen in den einzelnen Impulsklassen

- 4.2.1.1. Häufigkeit der Störungen beim Koagulieren und beim Schneiden
- 4.2.2. Störanfälligkeit verschiedener Schrittmachersysteme
- 4.2.2.1. Störprofile der einzelnen Herzschrittmacher
- 4.2.2.2. Testung bei Magnetbetrieb
- 4.2.2.3. Störempfindlichkeit und Filtercharakteristik von Herzschrittmachern
- 4.2.2.4. EKG - Beispiele für Störbeeinflussungen
- 4.2.3. Beeinflussung durch OP - Dauer
- 4.2.4. Abhängigkeit vom Resektatgewicht
- 4.2.5. Abhängigkeit von der Lage der indifferenten Elektrode
- 4.3. Störbeeinflussung von PM bei in-vitro-TUR's
- 4.3.1. EKG - Beispiele für Störbeeinflussung in vitro
- 4.4. Störbeeinflussung von PM im Tierexperiment
- 4.4.1. EKG - Beispiel für Störbeeinflussung in vitro
- 4.5. Synopsis der Operationsdaten bei PM-Patienten

5. Diskussion

6. Zusammenfassung

7. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen

8. Literaturverzeichnis

9. Anhang

1. EINLEITUNG

Anlass für die vorliegende Studie war ein Operationszwischenfall während einer transurethralen urologischen Operation in unserer Klinik.

Ein Patient mit einem implantierten Demand-Herzschrittmacher wurde einer transurethralen Operation unterzogen. Der Herzschrittmacher wurde während der Operation in seiner Funktion durch die Ein- und Ausschaltströme des Elektrotoms beeinflusst. Der Patient geriet dadurch in einen lebensbedrohlichen Zustand und mußte reanimiert werden.

Bekannt sind Störungen im Schrittmacherbetrieb aus verschiedenen Arbeitsbereichen.

1) indirekte Störeinflüsse aus der Umwelt oder am Arbeitsplatz entstehen aufgrund von elektromagnetischer Induktion bei Transformatoren, allen Arten von Zündgeräten, bei Induktionsöfen und Hochspannungs-Zündanlagen. (31,66,84)
Aufgrund von kapazitiver Beeinflussung stören Diathermiegeräte, Thyristor-Steuergeräte, Elektromotore und elektrische Haushaltsgeräte. (19,20,51)

Auf größere Distanz wirken Rundfunk- und Fernsehsender, Richtfunk, Radar und Mikrowellen. (2,13,29,31,54,58,71,72,73,74,88)

2.) Zahlreich beschrieben sind ferner Herzschrittmacher-
beeinflussung durch Muskelpotentiale: (4,48,49,67,77,82,85)

MYMIN beobachtete bei 4 Fällen eine Beeinflussung der
Gehirndurchblutung aufgrund einer cerebralen Ischämie
durch Herzschrittmacherinhibition bei isometischer Kon-
traktion des musculus pectoralis major. Von 128 Patienten
mit QRS-inhibitierten Demand-Herzschrittmachern zeigten
30 (= 24 %) einwandfreie EKG-Beeinflussung (63)

SCHULTEN zeigte Störungen von Bedarfsherzschrittmachern
durch Muskelkontraktionen in 38 %, durch Haushaltgeräte
in 67 %; durch Kurzwellenbestrahlung traten bei 25 von 73
Patienten unmittelbare lebensbedrohliche Rhythmusstörungen
in Form von Schrittmacherrasen ein, d.h. Frequenzerhöhung
auf über das Doppelte und Schrittmacherasystolie. Dies kam
bei festfrequenten wie bei gesteuerten Modellen vor. (77)

ULRICH untersuchte 170 Patienten mit Herzschrittmachern.
Belastungsversuche der Schulter-Arm-Muskulatur ergaben bei
27 Patienten Unterdrückung der Schrittmacherimpulse von
unterschiedlicher Dauer. In allen Fällen handelte es sich
um unipolare R-Zacken-blockierte Herzschrittmacher.
4 Patienten klagten über Symptome. (82)

Nach IRNICH und WIRTZFELD können durch Muskelaktionen Spannungen bis zu 3 mV., die relativ hochfrequent sind, (20 - 35 Impulse/sec.) dem Herzschrittmacher angeboten werden. R-Zacken blockierte Impulsgeber können durch solche Muskelpotentiale ausgeschaltet werden, stand-by-Herzschrittmacher beschleunigt werden (41,43,87).

OHM untersuchte 44 Patienten mit Demand-Herzschrittmachern. Bei 28 von 33 Herzschrittmacher-Patienten wurde eine Inhibierung durch Muskelpotentiale beobachtet. Bei 12 Patienten genügte ein Gewicht von 2 - 4 kg auf dem ausgestreckten Arm, um eine Unterdrückung zu bewirken. Bei manchen Patienten wurde lediglich eine kurze Verlängerung des RR-Intervalls zwischen dem letzten Herzschrittmacher-Impuls und dem Eigenherzschlag beobachtet, wobei eine Herzfrequenz von 30 - 50/min. resultierte (67,68).

LEVINE stellte bei 31 % (8 von 27 Patienten) während isometrischen Muskelkontraktionen der oberen Extremitäten eine Beeinflussung der Herzschrittmacherfunktion durch Muskelpotentiale fest. (57,56).

SECEMSKY und JOST untersuchten die größte Anzahl von Probanden mit 228 bzw. 220 Patienten. (79) (49)

WIDMANN konnte Schwankungen der Herzfrequenz zwischen 52 bis 100/min durch Muskelpotentiale nachweisen (85).

3.) Direkte Störeinflüsse (durch Berühren des Herzschrittmacherträgers) entstehen z.T. durch das Stromnetz (Steckdose oder defekte Elektrogeräte). Das Spektrum reicht von Elektrorasierern, elektrischer Zahnbürste, Heizkissen, Fernsehgeräten, Dimmer-Einrichtungen von Beleuchtungsanlagen, Mikrowellen-Öfen bis zum elektrischen Gartenzaun. (43,51,31)

4.) Im medizinisch therapeutischen Bereich werden durch Reizstromgeräte sowie elektrochirurgische Geräte Störeinflüsse möglich. Anzuführen sind hier Diathermie-Geräte, Faradisieren, Kurzwellentherapie, Niederfrequenzreizströme, Geräte für zahnärztliche Behandlung, Interferenzströme, Röntgenbestrahlung sowie in der Elektrochirurgie Kautergeräte. (2,21,31,32) (33,59,69,70,78)

Untersuchungen haben ergeben, daß Rotlicht, UV-Licht, Betatron- und Gammatron-Bestrahlung, Ultraschall-Diagnostik und Röntgen-Diagnostik kein zusätzliches Risiko bedeuten.

Grundlegend wurden bei transurethralen Operationen bereits Herzschrittmacher-Beeinflussungen durch Beobachtungen von FEIN, FARNARIER, GREBER, GREENE, LERNER, SCHÜTZ, SMITH, WAJZCZUCKER und FLACHENECKER beschrieben. (24,22,26,37,38, 39,55,76,80,83)

Ziel dieser Untersuchung ist es, die intraoperativen Komplikationen und Gefährdungen von Herzschrittmacherpatienten in einem medizinisch-therapeutischen Bereich aufzuzeigen und Möglichkeiten für Vermeidung dieser Gefahren zu geben.

2. METHODE

2.1. Klinik

2.1.1. Beobachtung von urologischen Operationen an Herzschrittmacherpatienten

Ausgewählt wurde eine Operationsart im urologischen Bereich, die durch ihre Häufigkeit und Verbreitung eine große Bedeutung hat. Transurethrale Operationen können in allen urologischen Fachabteilungen und Facharztpraxen durchgeführt werden. Die Operationstechnik mit dem Resektoskop erfordert kleine und häufige Schnittführungen und Blutstillungen. Dazu wird das Elektrotom in entsprechender Frequenzfolge ein- und ausgeschaltet. Die dabei auftretenden elektromagnetischen Felder können implantierte Demand-Schrittmacher in ihrer Funktion beeinflussen.

Untersucht wurden 71 klinisch durchgeführte transurethrale Operationen bei Patienten mit Prostata- und Blasenerkrankungen, 8 Patienten sind gleichzeitig wegen einer kardialen Vorschädigung Herzschrittmacherträger.

Bedingt durch mehrfache Nachoperationen wurden 12 verschiedene Operationen am Schrittmacherpatienten beobachtet.

2.1.2. Aufzeichnung von intraoperativ erstellten EKG's

Von Beginn der transurethralen Operation, dem Einführen des Resektoskopes in die Harnblase, bis zum Ende werden EKG-Aufzeichnungen angefertigt. Die Störbeeinflussung der Herzschrittmacher läßt sich durch Beeinflussung der RR-Abstände, Ausfall von QRS-Komplexen, Rhythmusstörungen oder Formveränderungen der Herzschrittmacher-EKG's ablesen. Zur Aufzeichnung der EKG's wird ein EKG-Monitor "Sirecust" (Firma SIEMENS, Ser.Nr. 2070) mit dem EKG- und Pulsbauteil 75 E 2197 verwendet.

2.1.3. Aufzeichnung von intraoperativ abgeleiteten Fingerpulskurven

Um eine praktische, hämodynamische Bedeutung von Herzschrittmacherfunktionsstörungen zeigen zu können, werden simultan zur EKG-Kurve Fingerpulskurven aufgezeichnet. Verwendet werden Fingerpulsaufnehmer der Firma SIEMENS, die am Daumen angebracht und an das Pulsbauteil des Siemens-Monitors angeschlossen werden.

2.1.4. Aufzeichnung der Einschalthäufigkeit des Resektoskops.

Simultan zur EKG- und Fingerpulskurve wird die Ein- und Ausschalthäufigkeit des Resektoskops registriert. Zur Verwendung kommt bei den beobachteten TUR's das Elektrotom 500 BF Typ 1618 der Firma MARTIN, System 2000, Ser.Nr. 54632 und 54641. Über ein amplitudenmoduliertes 50-Hz-Signal kann die Betätigung des Fußschalters für Ein- und Ausschaltung des Elektrotoms direkt abgelesen werden. Die Amplitudenhöhe und Frequenzbeeinflussung gestattet die Differenzierung nach Koagulieren und Schneiden.

Die Einschalthäufigkeit wird registriert, um die gefährdende Frequenz der Störimpulse zu zeigen. Die Impulshäufigkeit wird ausgezählt und auf Störimpulse pro Minute hochgerechnet.

2.1.5. Auswertung von EKG - Störungen und Pulswellenbeeinträchtigungen

Als EKG-Störung wurde jede Verlängerung des $\overline{RR}$ -Abstandes auf das Eineinhalbfache des normalen escape-Intervalls, dem Abstand zwischen zwei Schrittmacherimpulsen bei Normfrequenz (zwischen 800 und 860 msec), gewertet.

Dies entspricht einem Frequenzabfall auf unter 50/min.
(RR-Zeit größer als 1,2 sec). Ferner Verkürzung der
RR-Zeit auf unter 0,60 sec, gleichbedeutend mit einem
Frequenzanstieg auf über 100/min..

In der Tabelle 1 sind die zu den RR-Zeiten korrespon-
dierenden Herzfrequenzen angegeben:

HERZFREQU. PRO MIN.	RR - ZEIT SEC	BEDEUTUNG
120	0,50	↑ TACHYKARDIE ÜBER 100 MIN. DURCH SCHRITT- MACHERRASEN
110	0,54	
100	0,60	
90	0,66	NORMALE DEMAND- FUNKTION
80	0,75	
72	0,833	
70	0,86	
60	1,00	
50	1,20	↓ BRADYKARDIE UNTER 50/MIN.
40	1,50	
30	2,00	

Tab. 1: Schrittmacherfrequenz und
korrespondierende RR-Zeit

Bei den Pulsbeeinträchtigungen wurden alle Verände-
rungen der Pulswellenaufzeichnung gewertet, die eine
Verringerung der Amplitude auf ein Drittel oder weniger
ergaben.

2.2.1. Herzschrittlemacherbeeinflussung im in-vitro-Test

Um die intraoperativ aufgezeichneten EKG-Störungen bei Schrittmacherpatienten mit einem reproduzierbaren Modell nachvollziehen zu können, wurde ein in-vitro-Versuch durchgeführt. Dadurch konnten mehr Schrittmachersysteme und Sondentypen untersucht werden. Weiter konnte der Abstand von der Elektrode zum PM-Generator bzw. zur Sondenspitze variiert und somit ein direktes Maß zur Störanfälligkeit eines Systems gewonnen werden. Verwendet wurden 22 verschiedene Herzschrittmacher von 5 Firmen und 4 verschiedenen Schrittmachersonden (Tab.16)

Versuchsaufbau des in-vitro-Tests

In einer Kunststoffwanne mit 10 Liter physiologischer Kochsalzlösung befinden sich das HF-TUR-System mit punktförmiger Neutralelektrode und eine verschiebbare TUR-Schlinge auf einer Maßskala.

In die Lösung werden nacheinander verschiedene DPM gelegt, deren Abstand von der Sondenspitze 20 cm beträgt. Die Meßstrecke von der Sondenspitze zum Nullpunkt beträgt 30 cm.

Gemessen wird der Abstand in Zentimetern zwischen Sondenspitze und Resektionsschlinge, bei dem mit einer Leistung von 1 W eine Störung des Schrittmacher-Systems ausgelöst werden kann.

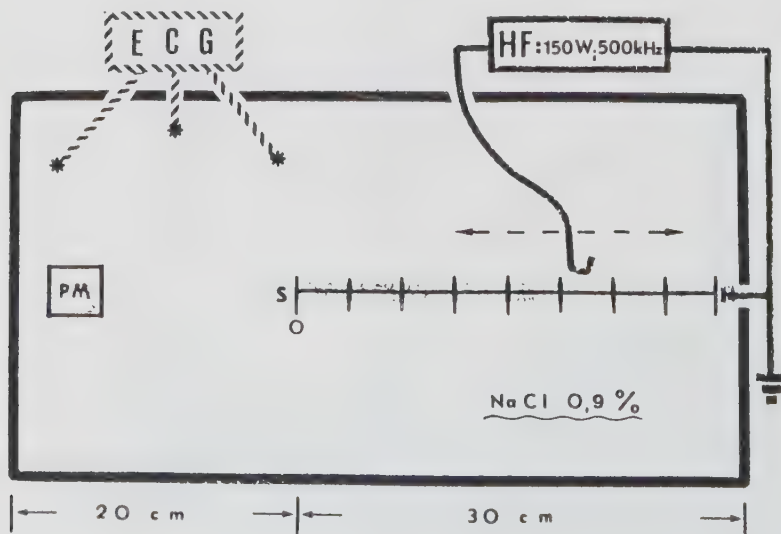


Abb. 1: in-vitro-Versuch
Versuchsaufbau

- PM = Generator PM
- S = Sondenspitze
- R = Resektoskopschlinge
- HF = HF-Generator
- N = Neutralelektrode

2.2.2. Herzschrillmacherbeeinflussung in vivo im Hunderversuch

Um eine erweiterte Aussage über die Störanfälligkeit verschiedener Schrittmacher-Systeme in vivo zu erhalten, wurden zwei Hunderversuche durchgeführt.

Dabei wurden einmal zwei und einmal vier verschiedene Schrittmachersonden in den rechten Ventrikel implantiert, ohne sich gegenseitig zu berühren. Nach der Einheilung von 3-4 Wochen wurde durch Injektion von Formalin in den AV-Knoten ein totaler Block gesetzt. In 8 und 20 verschiedenen Schrittmacher-Sondenkombinationen wurden die Störungen bei der Resektion von Blasengewebe untersucht.

Die Störsignale des Schneidens und Koagulierens wurden mit einem massenfreien Hochfrequenz-Speicheroszillografen aufgezeichnet.

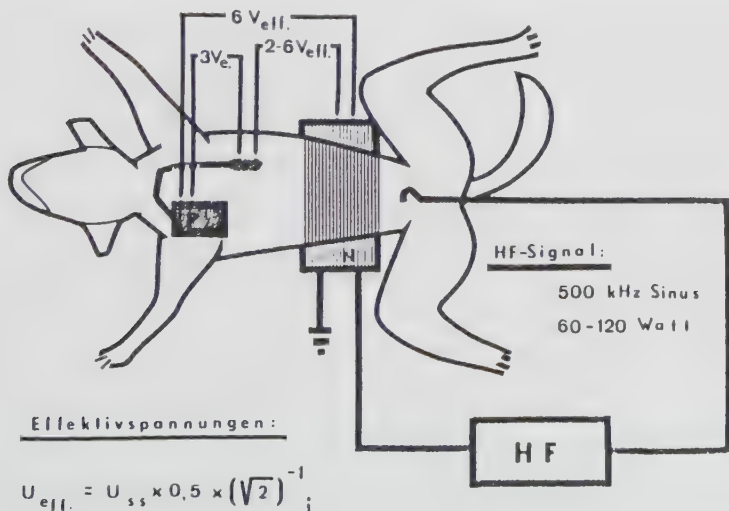


Abb. 2: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus, mit den tierexperimentell ermittelten Effektivspannungen zwischen Pacemaker-Gehäuse (P), Spitze der Schrittmachersonde (S) und Neutralelektrode (N).

Sämtliche implantierte Herzschrittmacher sind moderner Bauart mit einem Implantationsalter von unter 5 Jahren. Die einwandfreie Funktion war durch die präoperative Untersuchung der Patienten und die intraoperative EKG-Aufzeichnung festgestellt worden.

Die Auswahl der Herzschrittmacher-Patienten ergab sich aus dem anfallenden Krankengut der urologischen Klinik. Die Auswahl der Herzschrittmacher und Elektroden für den Modellversuch erfolgte nach den Häufigkeiten der Implantationen im Krankengut der Herzchirurgischen Klinik. Sie wurden von Priv.Doiz.Dr.Beyer zur Verfügung gestellt. Vor Durchführung des Experiments wurde die Funktion durch Messung der technischen Daten mit dem Medtronic pace tester 5300 überprüft. (Tab. 16)

Herzschrittmacher mit Elektroden für den Hunderversuch sowie zwei Versuchstiere wurden durch das Institut für experimentelle Chirurgie zur Verfügung gestellt.

Die Oberfläche der verwendeten Elektroden hat Zylinder- und Kugelform. Die bei den Herzschrittmacher-Patienten implantierten Sonden wiesen eine Oberfläche von 6-37 mm² auf, die des Modell-Versuchs zwischen 8 und 22 mm².

Die Aufstellung der verwendeten Geräte bei Schrittmacherpatienten, im Hunderversuch und im in-vitro-Test ist aus den Tabellen 12, 13, 15 und 17 ersichtlich.

3. MATERIAL

3.1. Klinik

3.1.1. Art des Patientengutes

Operiert wurden 71 Männer und Frauen verschiedenen Alters wegen Blasen- oder Prostataerkrankungen. 12 Operationen wurden an Patienten mit implantierten Herzschrittmacher durchgeführt. Das entspricht einem Anteil von 16,9 %.

3.1.2. Geschlechtsverteilung

Die Verteilung von 93 % bei den männlichen Patienten gegenüber 7 % bei den weiblichen ist durch den hohen Anteil von Prostataerkrankungen zu erklären (75 %)- Unter den Schrittmacher-Patienten waren keine weiblichen Patienten. (Tab. 2)

GESCHLECHT	PM-PAT		KONTROLLGR.		GESAMT	
	ABS.	%	ABS.	%	ABS.	%
MÄNNLICH	12	100	55	93,22	67	94,37
WEIBLICH	0	0	4	6,68	4	5,63
GESAMT	12		59		71	
	16,9 %		83,5 %		100 %	

Tab. 2: Geschlechtsverteilung der operierten Patienten

3.1.3. Altersverteilung der operierten Patienten

Die Altersverteilung zeigt, daß fast 1/4 der operierten Patienten über 80 Jahre, mehr als die Hälfte über 70 Jahre alt ist. (Tab. 4 und Abb. 3)

Das Durchschnittsalter der Schrittmacher-Patienten beträgt 78,6 Jahre. Damit besteht schon altersbedingt ein hohes Operationsrisiko. (Tab. 5 und Abb. 4)

ALTER	ABS.	%
20 - 29	1	1,41
30 - 39	0	0,00
40 - 49	1	1,41
50 - 59	7	9,86
60 - 69	25	35,21
70 - 79	20	28,17
80 - 89	15	21,12
ÜBER 90	2	2,82
GESAMT	71	100 %

Tab. 4: Altersverteilung der operierten Patienten

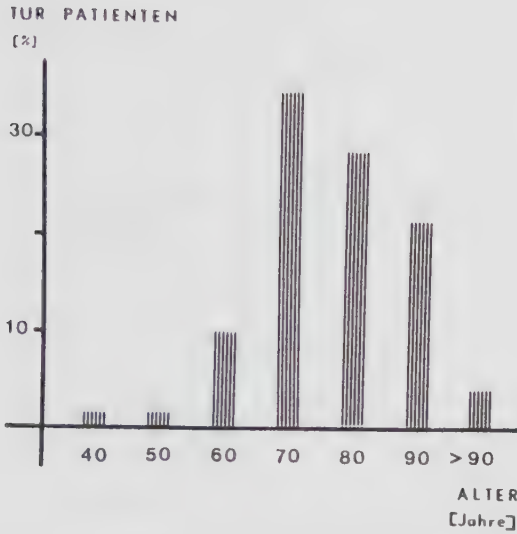


Abb. 3: Altersverteilung der TUR-Patienten

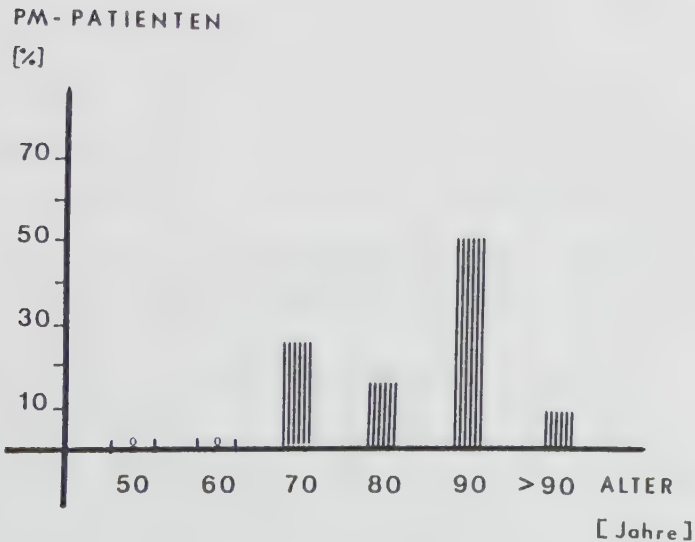


Abb. 4: Altersverteilung der PM-Patienten

Altersverteilung der operierten Schrittmacher-
Patienten

ALTER	ABS.	%
60 - 69	3	25,0
70 - 79	2	16,66
80 - 89	6	50,0
ÜBER 90	1	8,33
GESAMT	12	100 %

Tab. 5: Altersverteilung der operierten
Herzschrittmacher-Patienten.

3.1.4. Aufteilung der Patienten nach urologischen Diagnosen

UROLOGISCHE DIAGNOSE	ABS.	%
PROSTATA-ADENOM	45	65
PROSTATA-KARZINOM	7	10
BLASENTUMOR (NICHT NÄHER BEZ.)	11	16
BLASEN-PAPILLOM	1	1
BLASEN-KARZINOM	4	6
URETHRA-KARZINOM	1	1
GESAMT	69	100 %

f.A. = 2

Tab. 6: Urologische Diagnosen

Mit 45 Fällen (65%) ist das Prostata-Adenom die häufigste urologische Diagnose, gefolgt von 11 nicht näher bezeichneten Blasentumoren. Hier stand die histologische Diagnose noch nicht fest. Die restlichen 6 Patienten hatten histologisch gesicherte Papillome und Karzinome an Blase und Urethra. (Tab. 6)

Bei der PM-Gruppe standen 2 Prostata-Karzinome (16,7 %) 10 Prostata-Adenomen (83,3 %) gegenüber.

3.1.5. Aufteilung der Patienten nach kardiologischen Diagnosen

KARDIOLOGISCHE DIAGNOSE	ABS.	%
KONTROLLGRUPPE	59	84
AV-BLOCK II	1	1
AV-BLOCK III	5	7
SICK-SINUS-SYNDROM	1	1
ABSOL. ARRHYTHMIE	3	4
CAROTIS-SINUS-SYNDROM	1	1
GESAMT	70	100 %

f.A. = 1

Tab. 7: Kardiologische Diagnose

Bei den Schrittmacher-Patienten lag je ein Karotis-Sinus-Syndrom und Sick-Sinus-Syndrom vor, 5 mal eine AV - Blockierung dritten Grades; in drei Fällen war eine absolute Arrhythmie die Diagnose gewesen (Tab. 7)

3.1.6. Aufteilung der durchgeführten urologischen Operationen nach Operations-Dauer

Die Operationsdauer lag bei einem Viertel der Patienten (26 %) über eine Stunde. Ein Großteil der Eingriffe (58%) dauerte 15 - 60 Minuten. Nur 15 % wurden weniger als 15 Minuten lang operiert, in der Regel Nachresektionen bei Prostatahypertrophien. (Tab. 8)

OP - DAUER (MIN.)	ABS.	%
UNTER 15	11	15
16 - 30	14	20
31 - 45	13	18
46 - 60	14	20
61 - 75	5	7
76 - 90	6	8
ÜBER 90	8	11
GESAMT	71	100 %

Tab. 8: Operationsdauer

Bei den Schrittmacherträgern betrug die gesamte Operationszeit 716 min., so daß eine durchschnittliche Dauer von 59 min. und 40 sec pro Operation resultierte.

Die einzelnen Operationen dauerten zwischen 14 und 92 Minuten. (Tab. 36)

3.1.7. Aufteilung der Operationen nach Narkoseart

Die vorwiegend angewandte Narkoseart bei den trans-urethralen Operationen war die Spinale Anästhesie (82 %). Die übrigen Narkoseformen wurden selten verwendet. (Tab. 9)

Bei den Herzschrittmacher-Patienten wurden nur zwei mit Halothan-Narkose, alle anderen unter spinaler Anästhesie operiert (83 %).

ART DER NARKOSE	ABS.	%
SPINALE ANÄSTHESIE	50	82
HALOTHAN-NARKOSE	5	8
INTUBATIONS-NARKOSE	4	7
OBTURATORIUS-BLOCKADE	2	3
GESAMT	61	100 %

f.A. = 10

Tab. 9: Narkoseart

3.1.8. Aufteilung der Operationen nach Resektat- Gewicht

Bei mehr als der Hälfte der TUR-Patienten (52 %) betrug das Gewicht des resezierten Gewebes 1 bis 9 Gramm, bei einem Viertel (26 %) bereits über 20 Gramm. Bei den 12 Schrittmacher-Patienten wurden bei einem Durchschnitt von 20,8 Gramm pro Operation insgesamt 250 Gramm Prostatagewebe reseziert.

RESEKTAT- GEWICHT G	ABS.	%
1 - 9	34	52
10 - 19	17	26
20 - 29	9	14
30 - 39	5	8
40 UND MEHR	1	2
GESAMT	66	100 %

$$f.A. = 5$$

Tab. 10: Resektatgewicht

3.1.9. Zusammenstellung der Operateure bei TUR

OPERATEUR NR.	ANZAHL DER OPERATIONEN	
	ABS.	%
1	17	24
2	14	20
3	17	24
4	7	10
5	3	4
6 (VERSCHIED.)	13	18
GESAMT	71	100 %

Tab. 11: Operateure

Tabelle 11 zeigt, daß mehr als 3/4 der Operationen von 4 Operateuren durchgeführt wurden, 1/4 von weiteren 8. Bei der Herzschrittmachergruppe waren die Operateure 1 und 2 mit 9 Operationen (75 %) überdurchschnittlich beteiligt.

3.1.1.1. Art der Schrittmacher und Stand der Schrittmachertechnik

Verwendung finden heute vorwiegend Demand-Schrittmacher, die ihre Impulsgabe einem wechselnden Eigenrhythmus des Patienten anpassen. Starrfrequente Schrittmacher werden praktisch nicht mehr verwendet.

Die Impulsübertragung auf das Herz findet bei den beobachteten Herzschrittmachern durch unipolare Systeme statt. Dabei wird die Elektrodenspitze kathodal stimuliert, während das Schrittmachergehäuse die indifferente Anode darstellt.

Bei der Stimulation wird durch die Lage der Elektrode im Ventrikel das Prinzip der ventrikulären Reizung angewandt. Ferner finden atriale oder bifokale Prinzipien Anwendung. (11)

Folgende Steuerungsmöglichkeiten werden unterschieden:
R-synchrone Schrittmacher (QRS-gesteuert, positive QRS-Steuerung, stand-by-PM) folgen einer ansteigenden Eigenfrequenz des Schrittmacherträgers, indem synchron zu jeder R-Zacke ein Schrittmacherimpuls folgt. Der Impuls wird durch eine spontane R-Zacke ausgelöst und fällt unmittelbar nach Beginn des QRS-Komplexes in die absolute Refraktärzeit der Kammererregungsausbreitung.

R-blockierte Schrittmacher (negative QRS-Steuerung, QRS-inhibierte PM) inhibieren die Impulsgabe durch einen vorzeitigen QRS-Komplex. Dies tritt beispielsweise bei Steigerung der Herzfrequenz ein.

Bekannte Unregelmäßigkeiten sind Arrhythmie bei wechselndem Eigen- und Schrittmacherrhythmus, Kombinationssystolen und Extrasystolen. Vorteil dieser Steuerung ist, daß bei schnellerem Eigenrhythmus keine Schrittmacherartefakte auftreten.

Vorhofgesteuerte Schrittmacher werden seltener verwendet. Hier treten insbesondere Kombinationssystolen durch zweiseitige Kammererregungen auf.

Unterschiede bestehen bei den bevorzugt angewandten unipolaren endokardialen Elektroden bei der Oberfläche des Sondenkopfes. Gegenüber den älteren Sonden mit einer Oberfläche von 40 - 50 mm² konnten neuere auf 7 bis 12 mm² reduziert werden mit Vorteilen für die Sicherheit der Stimulation bei geringerem Stromverbrauch. (11,27,28,29)

Die von uns getesteten Systeme wiesen zum Teil Sonden mit relativ großer Oberfläche auf, wie die Biotronik-Sonde mit 27 mm² und die Elema-Sonde mit 37 mm², während die übrigen zwischen 7 und 11 mm² aufwiesen (Medtronic, Starr-Ewards, Cordis). (Tab. 13)

Die Geometrie des Elektrodenkopfes hat Einfluß auf die Detektionseigenschaften einer Schrittmachersonde: poröse Elektroden und solche mit solidem Kopf - wie die untersuchte Cordis-Ball-Sonde - sind diesbezüglich günstiger als die selbstfixierenden Elektroden mit schrauben- oder hakenförmigem Kopf.

3.1.1.2. Zusammenstellung der getesteten Herschrittmacher und Elektroden

LFD. NR.	SCHRITTMACHER-TYP U. SERIEN-NR. ERSTIMPLANTATION	ELEKTRODEN-TYP U. ELEKTRODEN-NR.
1	BIOTRONIK I DP 169070 13.6.76	BIOTRONIK A E 60 K
2	CORDIS 188 A 7-09679 20.4.72 (CHARDAC) 17.8.76 (STANICOR) (15817) 11.5.79 (CORDIS)	ELEMA 588 B
3	CORDIS 221 A 7-186 R 18.7.79	OSYPKA 8 F 61 A
4	DEVICES 3821 DM 304423 03.77	F.A.
5	DEVICES 3821 DM 304423 03.77	F.A.
6	EDWARDS 22 U 37346 30.4.76 11.9.78 (WECHSEL)	STARR-EDWARDS
7	MEDTRONIC 5927-AF 0004895 K 9.10.78	MEDTRONIC 6961-65-TB-004377-R
8	MEDTRONIC 5927-AF 0004895 K 9.10.78	MEDTRONIC 6961-65-TB-004377-R
9	MEDTRONIC 5945-4 T 2942 NT 27 06.75	MEDTRONIC 6907-65-SA-00744
10	MEDTRONIC 5945-4 T 2942 NT 27 06.75	MEDTRONIC 6907-65-SA-00744
11	MEDTRONIC 5973-7 MD 0847 20.7.77	CORDIS BALL-TIP
12	PRECIMED PRE 205 - 3631 5.5.79	MEDTRONIC 6961-65-PP-0011625

Tab. 12: Zusammenstellung der implantierten Herschrittmacher und Elektroden bei Schrittmacher-Patienten

LFD.	ELEKTRODEN-TYP	ELEKTRODEN-NR.	OBERFLÄCHE MM ²
1	BIOTRONIK	A E 60 K	27
2	OSYPKA	8 F 61 A	
3	ELEMA	588 8	37
4	F.A.	F.A.	
5	F.A.	F.A.	
6	STARR-EDWARDS	F.A.	
7	MEDTRONIC	6961-65 TB	8
8	MEDTRONIC	6961-65 TB	8
9	MEDTRONIC	6907-65 SA	11
10	MEDTRONIC	6907-65-SA	11
11	CORDIS	BALL-TIP	7
12	MEDTRONIC	6961.65 PP	8

Tab. 13: Oberfläche der getesteten Sonden

3.1.1.3. Lokalisation der Herzschrittmacher

Sämtliche Schrittmacher waren im Pectoralis-Bereich subkutan oder subfaszial implantiert.

Damit war bei den Messungen ein konstanter Abstand des Schrittmachers zu der indifferenten Elektrode und dem Stromkreis des Resektoskops gegeben.

3.1.1.4. Alter der implantierten Herzschrittmacher

Die Hälfte der Herzschrittmacher war vor weniger als 12 Monaten implantiert worden. Das Implantationsalter der übrigen lag zwischen 2 und 4 Jahren. Damit liegen sämtliche Schrittmacher im Bereich der heute garantierten Batterielebensdauer von 4 - 6 Jahren. (Tab. 14)

Bei 2 Patienten war ein Wechsel des Herzschrittmachers im Verlauf von 2 - 7 Jahren durchgeführt worden.

ALTER (IN MONATEN)	ABS.	%
1 - 12	6	50
13 - 24	0	0
25 - 48	6	50
GESAMT	12	100 %

Tab. 14: Alter der implantierten
Herzschrittmacher

3.1.1.5. Aufbau der Schutzschaltung gegen externe Störeinflüsse, Störempfindlichkeit.

Um die Störempfindlichkeit von Schrittmachern gegenüber externen Störeinflüssen herabzusetzen, wird in der Regel ein Ganzstahlgehäuse verwendet. Dadurch kann die Störempfindlichkeit etwa um den Faktor 100 verringert werden. Dies ist jedoch nicht ausreichend, wie verschiedene Untersuchungen zeigen. (10, 17, 19)

Bei nicht metallgekapselten Geräten ist der unmittelbare Einfluß von elektromagnetischen Interferenzen auf die Elektronik deutlich höher.

Die Impulsgabe eines Demand-Schrittmachers erfolgt nur, wenn in dem Intervall zwischen 400 msec. (Refraktärzeit des Schrittmachers) und 850 msec. (Stimulationsgrundintervall des Schrittmachers) nach der vorangegangenen Aktion keine elektrische Aktivität registriert wird.

Während der sogenannten Refraktärzeit von 250 bis 400 msec. ist der Schrittmacher gegenüber Störsignalen unempfindlich.

Der Eingangsschaltkreis kann zwischen dem Aktionspotential des Herzens und anderen Signalen aufgrund der Amplitude und dem Frequenzgehalt unterscheiden.

Bei intraventrikulär abgeleiteten R-Potentialen beträgt die Amplitude 4 - 20 mV, das Frequenzspektrum 1 - 40 Hertz. Amplitude und Frequenz eines Signals können zwar ermittelt, jedoch nicht immer als "störend" weggefiltert werden.

So ist bei gleichen Amplituden und Frequenzgehalt oder auch bei sehr hoher Amplitude und differenter Frequenz eines Signals eine Störmöglichkeit des inhibierbaren Schrittmachers die Folge.

Bei Überschreiten einer bestimmten Amplitude erreicht das aus dem Vorverstärker kommende Signal den zur Triggerung erforderlichen Pegel und bewirkt eine Frequenzveränderung des Generators. (15)

Wesentliche Bausteine sind der Zeitgeber, der die Ausgangsstufe triggert und damit den Stimulationsimpuls abruft, sowie die Detektionseinheit, die bei Registrierung einer R-Zacke die astabile Kippstufe zurückstellt, so daß der Aktionszyklus (850 msec) von neuem eingeleitet wird.

Die Differenzierung von R- und T-Welle erfolgt nach dem unterschiedlichen Frequenzgehalt der Signale durch entsprechende Filtercharakteristika des Eingangskreises.

Ein zweiter Multivibrator sorgt dafür, daß die Grundfrequenzkipstufe während der Refraktärzeit des Schrittmachers (400 msec) nach vorausgehender Stimulation oder Detektion nicht zurückgestellt werden kann.

Bei Störungen mit einer Frequenz von mehr als 300-400/min. schaltet der Schrittmacher auf festfrequente Arbeitsweise. (48)

3.1.1.6. Prinzip der Störbeeinflussung bei Schrittmachern

Es gibt 2. Möglichkeiten der elektrisch induzierten Funktionsstörung:

1. Die elektrische Energie des Störsignals bewirkt in der Impulsgeberschaltung einen irregulären Stromfluß. Es wird dadurch eine Fehlfunktion ausgelöst, bei der Impulse in gestörter Zeitfolge abgegeben werden.

2. Bei synchronisierten Demand-Schrittmachern treten Störungen ein, weil über die Reizelektrode ein elektrisches Signal mit dem Charakter eines intrakardialen EKG der Erkennungs- und Triggereinheit in der Schrittmacher-Elektronik angeboten wird.

Übersteigt ein Signal den dynamischen Meßbereich des Eingangsverstärkers und wird es nicht infolge zu hoher Amplitude von der Defibrillationsschutzschaltung begrenzt, so kann es eine Störung auslösen. Voraussetzung dafür ist, daß Anteile seines Frequenzspektrums unterhalb der Grenzfrequenz des EKG-Verstärkers liegen. Die Filterung in einem Bandpass läßt hier nur Signalanteile mit Amplitudenänderungsgeschwindigkeiten zwischen etwa 30 - 300 Hz ungedämpft passieren.

Jedes Signal mit einer Amplitude, wie sie das intrakardiale EKG zeigt und ähnlichen Frequenzinhalten, wirkt störend, wenn es zu den Spontanaktivitäten des Herzens

in einer ungünstigen zeitlichen Folge auftritt. QRS-inhibierte Schrittmacher geben dann infolge dieses Fehlverhaltens keine Impulse ab, was zu Synkopen führen könnte. QRS-gesteuerte Standby-Schrittmacher könnten Impulse in rascher Folge senden, wodurch Frequenzen von über 100/min bis 800/min ausgelöst werden können, was als Schrittmacher-Rasen bezeichnet wird. (31)

Die Schrittmacher-Elektronik reagiert am empfindlichsten auf Signale von 20 - 50 msec. Das Spektrum für ein 40 msec. R-Zacken-Signal liegt bei 50 Hertz.

Myoelektrische Impulse liegen zwischen 30 und 200 Hertz, somit auch im Bereich eines R-Zacken-Signals. (42)

Meßbare EKG-Veränderungen bei gestörter Schrittmacherfunktion:

- 1) Änderung der Schrittmacherfrequenz.
Beschleunigung der Herzfrequenz, so daß tachykarde Phasen durch Schrittmacherrasen auftreten oder Brachykardie.
- 2) Verlust der QRS-Steuerung.
- 3) Fehlende Schrittmacherimpulse trotz Abnahme der Herzfrequenz unter 70/min.
- 4) Fehlen der Kammererregung bei Impulsen außerhalb der Refraktärzeit.

Wichtigstes Kontrollkriterium für eine normale Schrittmacherfunktion ist die Schrittmacherfrequenz. (1)

3.1.1.7. Abb. 5: Vulnerable Phase des Herzens

Ein bestimmter Abschnitt während der Erregungsrückbildung der elektrischen Erregungsausbreitung am Herzen zeigt eine vermehrte Bereitschaft, auf ektope Reize zu reagieren. In dieser "vulnerablen Phase" des Myokards können z.B. Extrasystolen oder Schrittmacherimpulse oder auch artefizielle Reize zu mehreren rasch aufeinanderfolgenden Herzaktionen führen. Im ungünstigsten Fall können Kammerflattern oder -flimmern ausgelöst werden (78, 11).

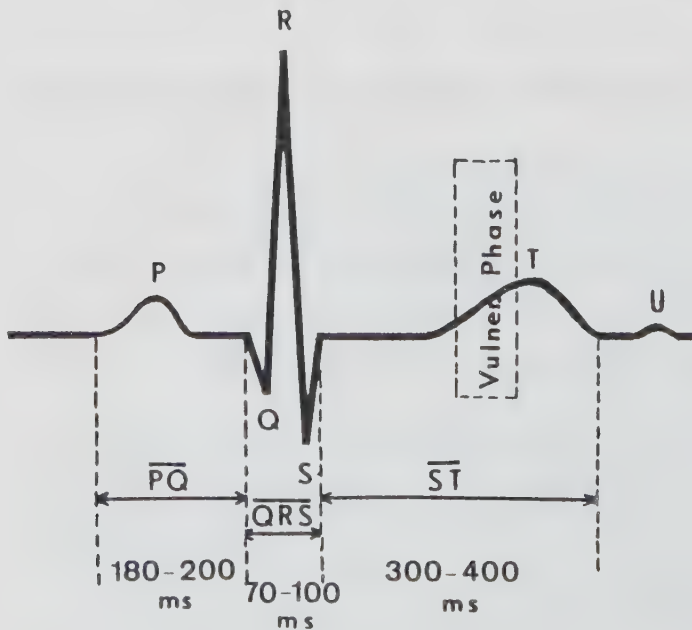


Abb. 5: Vulnerable Phase des Herzens

3.2. Experiment

3.2.1. Die verwendeten Herzschrittmacher und Elektroden beim in - vitro - Test

In Tab. 15 sind die getesteten Schrittmacher und Sonden des in - vitro - Testes aufgeführt. Sämtliche Schrittmacher waren VVJ gesteuert mit Ausnahme des Vorhofgesteuerten Cordis-Omni-Atracor 164 E und des Medtronic SP 0107. (Tab. 15)

In Tab. 16 sind die technischen Daten der getesteten Schrittmachersysteme aufgeführt.

Die Spannung lag zwischen 1,45 und 5,1 Volt, Die Amplitude zwischen 2,9 und 10,2 mA. Die Magnetfrequenz war praktisch bei allen Schrittmachern identisch mit der normalen Demand-Frequenz; lediglich der Edwards 22 U stieg im Magnetbetrieb von 69 auf 94/min., der Medtronic 5943 von 84 auf 86/min.

HERZSCHRITTMACHER FABRIKAT	TYP	SCHRITTMACHERELEKTRODE FABRIKAT	TYP
BIOTRONIK	IDP 54 254005	CORDIS	BALL TIP
BIOTRONIK	IDP 54 256328	EDWARDS	8114
BIOTRONIK	IDP 54 41246	MEDTRONIC	
CORDIS	OMNI STANICOR 162-40474	OSYPKA	FY 81
CORDIS	OMNI ATRICOR 164 E 1696		
CORDIS	OMNI STANICOR λ 190 A 8125		
CORDIS	OMNI STANICOR λ 190 A 8073		
CORDIS	OMNI STANICOR λ 188 A 7 6502		
CORDIS	OMNI STANICOR 162 C 35127		
EDWARDS	MICROPULS 22 U 500043-0003/38470		
EDWARDS	MICROPULS 20 U 500043-0001/36067		
EDWARDS	MICROPULS 20 U 500043-0001/36715		
EDWARDS	PROLITH 21 S 31467		
EDWARDS	PROLITH 21 U 35322		
EDWARDS	PROLITH 21 U 33087		
EDWARDS	PROLITH 21 U 500043-0002/35439		
AMT	E-LITH DU 19 E 1233		
MEDTRONIC	5951 744044 M		
MEDTRONIC	5951 SN 00658		
MEDTRONIC	5943 4 XX 164 N		
MEDTRONIC	5973 7 MD 0003 K		
MEDTRONIC	SP 0107 SNCU 0001304 K		

Tab. 15: Herzschrittmacher und Schrittmacherelektroden
beim in-vitro-Test

Technische Daten der verwendeten Herzschrittmacher

beim in vitro - Test

Herzschrittmacher Fabrikat / Typ	Elektrode	Ampl (mA)	Intervall (ms)		Frequ. (I/min)		Imp. breite (ms)	Spannung (mv)
			o.M.	m.M.	o.M.	m.M.		
Biotronik IDP 54 254005	Medtronik	3,8	1088	1088	55	55	0,58	1900
Biotronik IDP 54 256328	Medtronik	8,8	880	880	68	68	0,48	4400
Biotronik IDP 54 41246	Medtronik	8,8	900	900	67	67	0,90	4400
Cordis/Omni Stani- cor/162-40474	Cordis Ball	4,1	839	840	73	73	1,64	2050
Cordis/Omni Atri- cor/164 E 1696	Cordis Ball	5,1	765	766	78	78	1,48	2550
Cordis/Omni Stani- cor/190 A 8125	Cordis Ball	2,9	851	852	70	70	1,65	1450
Cordis/Omni Stani- cor/190 A 8073	Cordis Ball	7,5	856	856	70	70	1,67	3750
Cordis/Omni Stani- cor/188 A 7 6502	Cordis Ball	6,8	851	851	70	70	1,12	3400
Cordis/Omni Stani- cor/162 C 35127	Cordis Ball	6,8	994	998	61	61	1,94	3400
Edwards Micropuls 22 U/500043-0005/ 38470	Cordis Ball	8,0	868	636	69	94	0,62	4000
Edwards Micropuls 20 U/500043-0001/ 36067	Cordis Ball	7,8	834	834	72	72	0,77	3900
Edwards Micropuls 20 U/500043-0001/ 36715	Cordis Ball	7,6	842	841	71	71	0,78	3800
Edwards Prolith 21 S/31469	Edwards 81118	7,4	877	878	69	69	0,78	3700
Edwards Prolith 21 U/35322	Cordis Ball	7,8	824	823	73	73	0,74	3900
Edwards Prolith 21 U/33087	Cordis Ball	7,6	834	834	72	72	0,78	3800
Edwards Prolith 21 U/500043-0002/ 35439	Cordis Ball	7,7	1019	1019	59	59	0,76	3850
E-Lith DJ 19 E 1233	Osyпка FY 61	8,3	910	910	66	66	0,89	4150
Medtronik 5951 744044	Osyпка FY 61	10,2	866	866	71	71	0,50	5100
Medtronik 5951 SN 00658	Osyпка FY 61	4,0	1234	1234	49	49	2,00	2000
Medtronik 5943 4 XX 164 N	Osyпка FY 61	10,2	715	699	84	86	0,86	5100
Medtronik 5973 7 MD 0003 K	Osyпка FY 61	8,9	836	825	72	72	0,50	4450
Medtronik SP 0107 NSCU 0001304 K	Osyпка FY 61	9,4	830	830	72	72	0,49	4700

Tab. 16: Messung von Amplitude, Spannung und Impulsbreite der einzelnen Schrittmacher mit dem Medtronic pace tester 5300

3.2.2. Die Herzschrittmacher und Elektroden
im Tierversuch

Tab. 17 zeigt die getesteten Schrittmacher und
Sonden der beiden Hundversuche.

VERSUCHSTIER	HERZSCHRITTMACHER FABRIKAT TYP	SCHRITTMACHER- ELEKTRODE FABRIKAT TYP
HUND NR. 1 GEWICHT: 18 KG GESCHLECHT: MÄNNL.	CORDIS 190 A 7	OSYPKA FY 60
	EDWARDS 20 U	OSYPKA SF 61
	MEDTRONIC 5951	
	MEDTRONIC 5973	
HUND NR. 2 GEWICHT: 28 KG GESCHLECHT: WEIBL.	CORDIS OM.STAN.	CORDIS 322
	EDWARDS 20 U	EDWARDS 8204
	EDWARDS 21 U	ELEMA
	MEDTRONIC 5951	OSYPKA FY 60
	MEDTRONIC 5973	

Tab. 17: Herzschrittmacher und Elektroden
im Tierversuch.

FABRIKAT	Typ	MINIMALDISTANZ OHNE STÖRUNG (%)		DISTANZ MIT DAUERSTÖRUNG (%)	
		O.M.	M.M.	O.M.	M.M.
BIOTRONIK	IDP 54	28,3	25,0	26,7	25,0
	254005	33,5		30,0	
BIOTRONIK	IDP 54				
	256328	40,0	0	36,7	0
BIOTRONIK	IDP 54				
	41246	0	0	0	0
CORDIS	OMNI STANICOR	38,3	15,0	36,7	10,0
	162-40474	26,7		26,7	
CORDIS	OMNI ATRICOR	11,7	23,3	10,0	16,7
	164 E 1696	41,7		40,0	
CORDIS	OMNI STANICOR λ	37,3	26,7	36,7	25,0
	190 A 8125	53,3		48,3	
CORDIS	OMNI STANICOR λ	29,0	35,0	26,7	31,7
	190 A 8073	53,3		46,7	
CORDIS	OMNI STANICOR λ	48,3	0	46,7	0
	188 A 7 6502	90,0		86,7	
CORDIS	OMNI STANICOR	68,3	26,7	56,7	23,3
	162 C 35127				
EDWARDS	MICROPULS 22 U	11,7	0	10,0	0
	500043-0003/38470	20,0		16,7	
EDWARDS	MICROPULS 20 U	15,0	0	13,3	0
	500043-0001/36067	18,3		16,7	
EDWARDS	MICROPULS 20 U	12,7	0	11,7	0
	500043-0001/36715	28,3		21,7	
EDWARDS	PROLITH 21 S	25,3	0	22,7	0
	31467	25,0		21,7	
EDWARDS	PROLITH 21 U	15,0	0	15,0	0
	35322	15,0		15,0	
EDWARDS	PROLITH 21 U	15,0	0	15,0	0
	33087	16,7		15,0	
EDWARDS	PROLITH 21 U	15,0	0	15,0	0
	500043-0002/35439	18,3		18,3	
AMT	E-LITH DU 19	100,0	100,0	100,0	100,0
	F 1233				
MEDTRONIC	5951	5,0	0	5,0	0
	744044				
MEDTRONIC	5951	5,0	5,0	1,66	0
	SN 00658				
MEDTRONIC	5943	100,0	0	100,0	0
	4 CC 164 N				
MEDTRONIC	5973	0	0	0	0
	7 MD 0003 K	0	0	0	0
MEDTRONIC	SP 0107	0	0	0	0
	SNCU 0001304 K	0	0	0	0

Tab. 18: Messung der Distanz zwischen Elektrode und Resektoskop beim Auftreten von Störbeeinflussung im in-vitro-Test Angaben in % (100 % $\approx$ 30 cm)

LFD. NR.	PM - TYP	IMPULSE	STÖRUNGEN	
			ABS.	%
1	CORDIS 190 A	222	36	16,21
		76	0	0
2	EDWARDS 20 U	308	23	7,47
		98	0	0
		196	4	2,05
		152	1	0,66
		110	23	20,91
3	EDWARDS. 20 U	70	10	14,29
		108	9	8,33
4	EDWARDS 21 U	206	17	8,25
5	MEDTRONIC 5951	150	0	0
6	MEDTRONIC 5973	164	0	0
GESAMT		1860	123	6,61

Tab. 19: Störbeeinflussung einzelner Herschrittmacher im Tierversuch.

3.3. Statistik und Berechnung

3.3.1. Einteilung der EKG's in 10-Sekunden- Intervalle und Hochrechnung

Die aufgezeichneten EKG's wurden in 10-Sekunden-Abschnitte unterteilt und die Ein- und Ausschalthäufigkeit des Resektoskops in einem Intervall auf eine Minute hochgerechnet.

Ausschlaggebend ist nicht die Dauer der Störeinflüsse sondern die Frequenzfolge. Auch kurze Impulse von wenigen Sekunden Dauer sind in der Lage, die Schrittmacherfunktion zu beeinflussen, so daß die Registrierung eines Intervalls von 10 Sekunden Dauer und Umrechnung auf eine Minute sinnvoll erscheint.

3.3.2. Auswertung der meßbaren Störeinflüsse

Anhand der aufgezeichneten EKG-Kurven werden die Veränderungen der R-R-Abstände registriert. Gewertet werden alle Verlängerungen des escape-Intervalls auf über 1,20 sec. oder unter 0,60 sec, sowie die korrespondierenden Pulswellenschwankungen, sofern sie weniger als $\frac{1}{3}$ der Ausgangsamplitude aufweisen. (s.Tab. 1)

Es wurden insgesamt 13.274 Impulse durch Ein- und Ausschaltungen bei Operationen an Patienten gezählt.

Ohne Magnetbetrieb wurden 12.262 Impulse gesetzt, durch die 1927 messbare EKG-Veränderungen mit den angegebenen Kriterien resultierten.

Die Störungen wurden aufgezeichnet. Beispiele sind mit den Abbildungen 10 (1-4) und 12 (1-3) dokumentiert.

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt mit EDV nach dem Statistik-Programm SPSS für die Sozialwissenschaften. Dabei wurden Mittelwert und Standardabweichung berechnet.

4. ERGEBNISSE

Thema

Potentielle Gefährdung von Herzschrittmacherpatienten durch medizinisch-therapeutische Beeinflussung bei transurethralen Operationen anhand einer Normalverteilungsstudie und Ergänzung durch experimentelle Ergebnisse in vitro und in vivo.

4.1.1. Häufigkeit der gesetzten Impulse bei TUR

Die Aufteilung der Impulse in Impulsklassen soll die am häufigsten vorkommenen Ein- und Ausschaltungen bei transurethralen Resektoskopbedienungen zeigen:

Das Einschalten des Resektoskops mit einer Häufigkeit bis 12 mal pro Minute entspricht einer Störimpulsfrequenz von 24/min. Diese Frequenzgruppe wird bei einer zurückhaltenden Operationstechnik mit einer Häufigkeit von 28,73 % beobachtet. Die am häufigsten vorkommende Frequenz liegt bei der Gruppe bis 24 Einschaltungen pro Minute entsprechend einer Impulsfrequenz von 48/min mit 6058 Impulsen (45,6 %).

Nur knapp 1/4 der Impulse werden in der Impulsklasse 49 - 72 gesetzt (22,4 %). Der geringe Anteil von 3,2 % der Impulse fällt auf die höchsten Frequenzklassen.
(Tab. 21 und Abb. 6)

Die absolute Zahl der Impulse schwankt zwischen 208 und 2266 je Schrittmacher entsprechend der Operationsdauer. Die Gesamtimpulszahl von 13274 Impulsen wurde in 716 OP-Minuten gemessen.

Der Chirurg operiert bei einer TUR am häufigsten mit einer Frequenz zwischen 25 und 48 Impulsen pro Minute. (Tab. 20)

Die Kontrollgruppe bestätigt diese Häufigkeitsverteilung (44,79 %). (Tab. 22 und 23)

EKG-NR.	ANZAHL DER IMPULSE PRO IMPULSKLASSE					(ABS.) GES.
	24	48	72	96	120	
1	298	142	22	30	0	492
2	110	228	160	14	0	512
3	536	474	50	0	0	1060
4	598	802	304	42	0	1746
5	110	76	22	0	0	208
6	214	632	144	14	20	1024
7	270	690	362	14	0	1136
8	566	1048	610	42	0	2266
9	328	642	468	74	0	1512
10	252	628	608	86	0	1574
11	156	352	178	0	0	686
12	364	346	64	44	40	858
GESAMT	3814	6058	2982	360	60	13274

Tab. 20: Häufigkeit der Impulse in den Impulsklassen
(PM-Patienten n = 12)

IMPULSKLASSE	IMPULSE	
	ABS.	%
1 - 24	3814	28,73
25 - 48	6058	45,64
49 - 72	6982	22,46
73 - 96	360	2,71
97 -120	60	0,45
GESAMT	13274	100 %

Tab. 21: Häufigkeit der gesetzten Impulse
bei den einzelnen Impulsklassen
(PM-Patienten, n = 12)

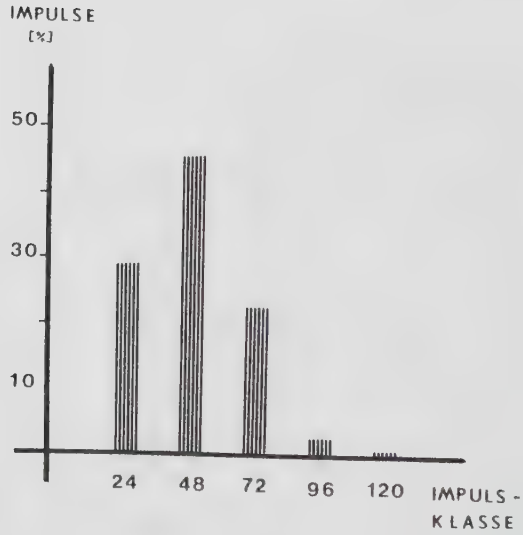


Abb. 6: Relative Häufigkeit der Impulse in den Impulsklasse (PM-Patienten)

Tab. 22: Häufigkeit der Impulse in den Impulsklassen
(Kontrollgruppe n = 59)

EKG- NR.	ANZAHL DER IMPULSE PRO IMPULSKLASSE (ABS.)					
	24	48	72	96	120	
1	284	506	62	14	0	866
2	20	0	0	0	0	20
3	104	38	48	30	0	220
4	320	556	222	14	0	1112
5	292	760	176	14	0	1242
6	490	356	80	14	0	940
7	186	160	90	30	0	466
8	36	92	0	16	0	144
9	276	600	276	86	20	1258
10	162	122	10	14	0	308
11	192	112	54	14	0	372
12	50	48	10	58	0	166
13	106	122	44	0	0	272
14	406	140	114	14	18	692
15	204	494	178	14	0	890
16	40	12	12	0	0	64
17	144	100	20	0	0	264
18	150	560	150	0	0	860
19	226	442	44	16	0	728
20	206	846	280	28	0	1360
ÜBERTRAG:						
	3894	6066	1870	376	38	12244

EKG- NR.	ANZAHL DER IMPULSE PRO IMPULSKLASSE					(ABS.) GES.
	24	48	72	96	120	
ÜBERTR.	3894	6066	1870	376	38	12244
21	136	86	44	14	0	280
22	674	344	92	0	0	1110
23	190	626	158	0	0	974
24	38	14	8	0	0	60
25	62	112	10	0	0	184
26	86	44	20	0	0	150
27	118	406	162	28	0	714
28	222	666	444	146	38	1516
29	352	532	162	28	0	1074
30	546	254	78	14	0	892
31	106	106	0	0	0	212
32	542	474	264	40	0	1320
33	286	70	0	0	0	356
34	28	34	22	0	0	84
35	90	286	218	0	0	594
36	88	84	32	0	0	204
37	308	618	438	102	40	1506
38	180	342	172	28	0	722
39	132	178	10	0	0	320
40	180	110	62	14	0	366
ÜBERTR.	8258	11452	4266	790	116	24882

EKG- Nr.	ANZAHL DER IMPULSE PRO IMPULSKLASSE					(ABS.) GES.
	24	48	72	96	120	
ÜBERTR.	8258	11452	4266	790	116	24882
41	152	186	144	0	0	482
42	434	882	228	28	0	1572
43	28	40	0	0	0	68
44	124	126	44	0	0	294
45	76	118	76	60	20	350
46	578	716	156	88	0	1538
47	530	250	42	0	0	822
48	188	330	82	0	0	600
49	94	68	0	0	0	162
50	40	26	10	0	0	76
51	388	166	64	28	0	646
52	646	434	72	0	0	1150
53	344	572	234	102	0	1252
54	390	340	98	0	0	828
55	530	540	182	58	92	1402
56	222	274	98	0	0	594
57	226	494	324	30	0	1074
58	812	782	160	14	20	1788
59	424	280	62	14	0	780
<u>GESAMT:</u>	14482	18076	6342	1212	248	40360

IMPULSKLASSE	IMPULSE	
	ABS.	%
1 - 24	14482	35,88
25 - 48	18076	44,79
49 - 72	6342	15,72
93 - 96	1212	3,00
97 -120	248	0,61
GESAMT:	40360	100 %

Tab. 23: Häufigkeit der gesetzten Impulse
pro Impulsklasse.
(Kontrollgruppe, n = 59)

4.1.2. Verteilung der Impulse beim Schneiden und Koagulieren

Die Gesamt-Impulse der Schrittmacherpatienten (13274) verteilen sich auf 8486 Resektions- und 4788 Koagulationsimpulse (63,9 bzw. 36 %). (Tab. 24)

Bei der Kontrollgruppe ergaben 24818 Resektions- und 15542 Koagulationsimpulse eine Gesamt-Impulszahl von 40360 und somit eine vergleichbare Verteilung. (61,49 % bzw. 38,51 %) (Tab. 25)

Es kann davon ausgegangen werden, daß etwa 2/3 der Impulse bei TUR durch Schneiden gesetzt werden, 1/3 beim Koagulieren.

EKG-MR.	IMPULSE (ABS.)		GESAMT
	SCHNEIDEN	KOAGUL.	
1	332	160	492
2	282	230	512
3	650	410	1060
4	1260	486	1746
5	146	62	208
6	776	248	1024
7	692	644	1336
8	1160	1106	2266
9	990	522	1512
10	1108	466	1574
11	634	52	686
12	456	402	858
GESAMT:	8486	4788	13274
	63,92 %	36,08 %	100 %

Tab. 24: Häufigkeit der gesetzten Impulse beim Schneiden und Koagulieren

(n = 12)

EKG- NR.	IMPULSE		
	SCHNEIDEN	KOAGUL. (ABS.)	GESAMT
1	598	268	866
2	12	8	20
3	138	82	220
4	606	506	1112
5	810	432	1242
6	512	428	940
7	192	274	466
8	112	32	144
9	564	694	1258
10	198	110	308
11	188	184	372
12	70	96	166
13	132	140	272
14	368	324	692
15	640	250	890
16	42	22	64
17	238	26	264
18	600	260	860
19	560	168	728
20	884	476	1360
ÜBERTR.	7464	4780	12244

EKG- NR.	IMPULSE		
	SCHNEIDEN	KOAGUL. (ABS.)	GESAMT
ÜBERTR.	7464	4780	12244
21	132	148	280
22	832	278	1110
23	842	132	974
24	34	26	60
25	178	6	184
26	90	60	150
27	714	0	714
28	1138	378	1516
29	836	238	1074
30	552	340	892
31	204	8	212
32	520	800	1320
33	184	172	356
34	38	46	84
35	486	108	594
36	130	74	204
37	994	512	1506
38	498	224	722
39	240	80	320
40	150	216	366
ÜBERTR.	16256	8626	24882

EKG- NR.	IMPULSE		GESAMT
	SCHNEIDEN	KOAGUL. (ABS.)	
ÜBERTR.	16256	8626	24882
41	104	378	482
42	1018	554	1572
43	8	60	68
44	166	128	294
45	122	228	350
46	848	690	1538
47	488	334	822
48	508	92	600
49	128	34	162
50	28	48	76
51	242	404	646
52	832	318	1150
53	330	922	1252
54	496	332	828
55	702	700	1402
56	374	220	594
57	688	386	1074
58	1048	740	1788
59	432	348	780
GESAMT:	24818	15542	40360
	61,49%	38,51%	100 %

Tab. 25: Häufigkeit der Impulse in den
einzelnen Impulsklassen beim
Schneiden und Koagulieren

Kontrollgruppe n = 59

4.2. Praktische, hämodynamisch wirksame
Bedeutung bei TUR's

4.2.1. Häufigkeit der Störungen in den
einzelnen Impulsklassen
(TUR-Patienten gesamt)

IMPULSKLASSE	STÖRUNGEN	
	ABS.	%
1 - 24	680	35,29
25 - 48	918	47,64
49 - 72	292	15,15
73 - 96	24	1,25
97 -120	13	0,67
GESAMT:	1927	100 %

Tab. 26: Anteil der Störungen in den
einzelnen Impulsklassen (%)

EKG- NR.	ANZAHL DER STÖRUNGEN PRO IMPULSKLASSE					(ABS.) GES.
	24	48	72	96	120	
1	107	42	8	6	0	163
2	16	40	12	0	0	68
3	59	37	6	0	0	102
4	152	242	125	5	0	524
5	35	17	5	0	0	57
6	108	345	62	5	6	526
7	0	0	0	0	0	0
8	3	7	2	0	0	12
9	15	20	23	1	0	59
10	15	33	35	3	0	86
11	0	0	0	0	0	0
12	170	135	14	4	7	330
GESAMT:	680	918	292	24	13	1927

Tab. 27: Absolute Häufigkeitsverteilung der EKG-Störungen in den einzelnen Impulsklassen bei den verschiedenen Herzschrittmachern (n = 12)

EKG- NR.	ANTEIL DER STÖRUNGEN (%) AN DEN EINZELNEN IMPULSKLASSEN					
	24	48	72	96	120	GES.
1	35,90	29,58	36,36	20,0	0	33,13
2	13,11	17,69	8,00	0	0	13,28
3	11,00	7,80	12,00	0	0	9,62
4	25,42	30,17	41,12	11,90	0	39,88
5	31,82	22,37	22,72	0	0	27,40
6	50,47	54,59	43,6	35,71	30,0	57,67
7	0	0	0	0	0	0
8	0,53	0,66	0,32	0	0	0,53
9	4,57	3,10	4,91	1,35	0	3,90
10	5,95	5,25	5,75	3,49	0	5,46
11	0	0	0	0	0	0
12	46,70	39,02	21,88	9,09	17,50	43,53
Σ	225,47	210,23	196,12	81,54	47,50	234,40
$\bar{x}$	18,3 %	17,5 %	16,3 %	6,8 %	4 %	15,49 %

Tab. 28: Relative Häufigkeitsverteilung der EKG-Störungen in den einzelnen Impulsklassen bei den verschiedenen Herzschrittmachern
(n = 12)

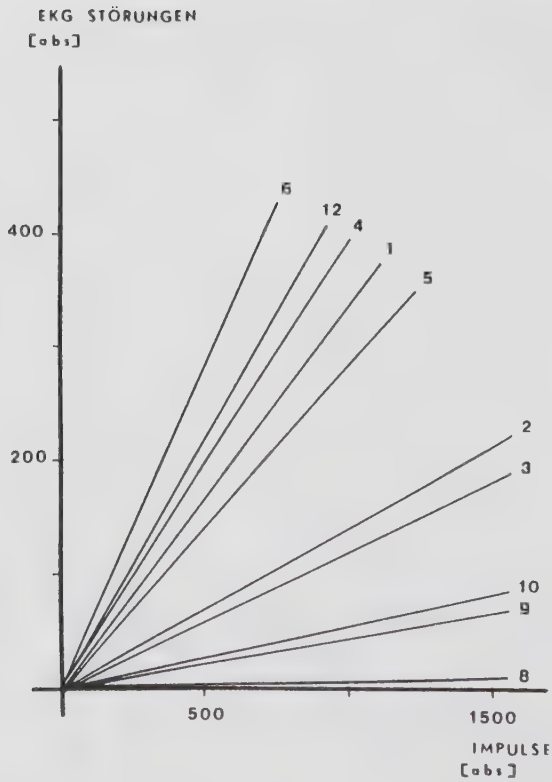


Abb. 7: Anteilung der Störungen an den Impulsen
bei den 12 einzelnen Schrittmachern.
(Lfd.Nr. wie in Tab. 30)

4.2.1.1. Häufigkeit der Störungen beim Schneiden
und Koagulieren

EKG- Nr.	STÖRUNGEN (ABS.)		GESAMT
	SCHNEIDEN	KOAGUL.	
1	124	39	163
2	46	22	68
3	55	47	102
4	401	123	524
5	45	12	57
6	407	119	526
7	0	0	0
8	12	0	12
9	45	14	59
10	62	24	86
11	0	0	0
12	201	129	330
GESAMT	1398	529	1927
	72,5 %	27,5 %	100 %

Tab. 29: Häufigkeit der EKG-Störungen beim
Schneiden und Koagulieren. (12 PM-Patienten)

Betreffend der Koagulations- und Schneideströme werden unterschiedliche Angaben gemacht:

Ein Teil der Autoren sah keine Beeinflussung bei Koagulation, sondern nur bei Resektion (49/33).

Wie Tabelle 29 ausweist, wurden von den 13274 Impulsen 8486 durch Resektion und 4788 durch Koagulation gesetzt, entsprechend 63,92 % bzw. 36,08 %. Von den 1927 Störungen entfallen 1398 (72,5 %) auf Schneiden und 529 (27,5 %) auf Koagulieren. Beim Schneiden treten in 16,47 % beim Koagulieren in 11,04 % Störungen ein. Auch dieses Verhalten ist schrittmacherspezifisch: Es gibt Modelle, die beim Koagulieren empfindlicher reagieren.

4.2.2. Störanfälligkeit verschiedener Schrittmacher-Systeme

Da eine Resektoskop - Betätigung je einen Einschalt- und Ausschaltstromimpuls setzt, verdoppelt sich die Zahl der 6131 Einschaltungen auf 12262 Impulse (ohne Magnetbetrieb). 1927 EKG-Störungen werden dadurch ausgelöst, was einer Störquote von 15,72 % entspricht. Diese Zahl ist jedoch nur ein Durchschnittswert sehr unterschiedlich reagierender Herzschrittmacher.

Wie die Tabelle 30 der verwendeten Schrittmacher zeigt, variieren die Störquoten stark. Sie reichen von uneinträchtiger Funktion bis zu einer Rate von 57,68 % im ungünstigsten Fall. (Tab. 30 und Abb. 8/1-12)

Ohne eine EKG-Störung blieben die beiden Medtronic-Pacer 5927 und 5973; relativ geringe Beeinflussung zeigten der Medtronic-Pacer 5945 und zwei Cordis-Schrittmacher (188 A und 221). Deutlich höhere Störquoten traten beim Biotronik IDP 44, Devices 3821 DM und Precimed 205 auf. Der Edwards 22 U schnitt mit Abstand am schlechtesten ab. Mehr als jeder zweite Impuls führte bei diesem Schrittmacher zu einer Störung des EKG's.

Die folgenden Tabellen der 12 verschiedenen Schrittmacher vermitteln die Anteile der Störungen in den einzelnen Impulsklassen. (Tab. 30/1-12)

Die einzelnen Schrittmacher-Diagramme (Abb. 7/1-12) geben Aufschluß darüber, wie stark und mit welcher Frequenzfolge ein Schrittmacher während der TUR "beschossen" wurde. Die Tab. 26 zeigt die absolute Zahl der Störungen, mit denen ein Schrittmacher den "Beschuß" beantwortet hat.

Insgesamt wurden die 6219 Resektoskop-Einschaltungen -entsprechend 12264 Impulsen, die ohne aufgelegten Magnet erfolgten- mit 1927 EKG-Störungen beantwortet.

Dies ist eine Störungsquote von 31,43 % der Resektoskop-einschaltungen.

Die absolute Zahl der Störungen lag bei den unterschiedlichen Schrittmachern zwischen 0 und 526.

Bei einem Viertel der PM ergaben sich mehr als 300 Störungen, die Hälfte hatte zwischen 50 und 200 Störungen während der beobachteten Operationszeiträume. (Tab. 27)

Die Bedeutung einer Impulsklasse für die Störungen war zu untersuchen. Es ergäbe sich eine Relevanz für den Operateur, falls sich eine signifikante Häufung der Störungen zeigte. Das Profil der Störungen war jedoch in den 3 unteren Impulsklassen mit 16,3 bis 18,3 % in etwa ausgeglichen.

Erst höhere Schneidefrequenzen, die zudem auch absolut selten vorkommen, führen zu relativ weniger Störbeeinflussung.

Dieses Ergebnis ist insofern beachtlich, als sich der Operateur nicht durch besonnenes oder langsames oder gar zügiges Operationsverhalten auf einen Schrittmacher einstellen könnte: der Hauptteil der Störungen fällt in das vorwiegend geübte Schneidefrequenzspektrum!

(1890 von 1927 Störungen in Frequenzklasse 24 bis 72)

Zwar treten die zahlenmässig häufigsten Störungen mit 918 in der Impulsklasse 48 auf, diese Klasse wird jedoch auch am häufigsten bei TUR benützt. Die relativen

Zahlen zeigen eine annähernd gleiche Verteilung der Impulse und Störungen in den Impulsklassen (siehe Tab 28)

Für alle Schrittmacher gemeinsam ergibt sich also ein ausgeglichenes Störspektrum um 17 % in den drei am häufigsten benutzten Frequenzklassen. Die Gesamtstöquote liegt durch die günstigere Charakteristik in den oberen Klassen bei 15,49 %.

Es ist also möglich, für jeden einzelnen Schrittmachertyp eine sogenannte Störungscharakteristik zu ermitteln, die bei den Operationsbelastungen durch TUR auftritt.

Hier wird die unterschiedliche Filtercharakteristik von einzelnen Schrittmachern deutlich.

Ältere Modelle zeigen hier gegenüber neueren erhebliche Unterschiede. Aber auch die einzelnen Fabrikate differieren sehr stark.

Operateur und andere an der operativen Versorgung eines Patienten beteiligte Personen können präoperativ dieses Verhalten eines Schrittmachers nicht abschätzen. Der Patient gerät in eine Situation, in der sich das operative Risiko nicht beurteilen läßt.

Bedeutsam ist dieser Umstand für die präoperative Aufklärungspflicht des behandelnden Operateurs oder Anästhesisten, bei Zwischenfällen dementsprechend auch für den Gutachter.

Als Schlußfolgerung ergibt sich, daß der Operateur bei einem Schrittmacher-Patienten die intraoperative Störanfälligkeit und das Verhalten des Schrittmachers nicht vorhersehen kann.

Er muß stets damit rechnen, einen "empfindlichen" Schrittmacher vor sich zu haben, da er entsprechende Daten nicht entnehmen kann.

Ferner kann er durch sein Verhalten während der Operation kaum die Störungen eines empfindlichen Modells beeinflussen oder gar vermeiden.

LFD. NR.	PM - TYP	IMPULS- HÄUFIGK. ABS.	EKG-STÖRUNGEN	
			ABS.	%
1	BIOTRONIK IDP 44	492	163	33,13
2	CORDIS 188 A 7	512	68	13,28
3	CORDIS 221 A 7	868	102	11,75
4	DEVICES 3821 DM	1314	524	39,88
5	DEVICES 3821 DM	208	57	27,40
6	EDWARDS 22 U	912	526	57,68
7	MEDTRONIC 5927	1336	0	0
8	MEDTRONIC 5927	2266	12	0,53
9	MEDTRONIC 5945	1336	59	4,42
10	MEDTRONIC 5945	1574	86	5,46
11	MEDTRONIC 5973	686	0	0
12	PRECIMED PRE 205	758	330	43,53
GESAMT:		12262	1927	15,72

Tab. 30: Störbeeinflussungen verschiedener Herzschrittmacher (ohne Magnetbetrieb) durch TUR

IMPULS- KLASSE	IMPULSE		EKG-STÖRUNGEN		STÖRQUOTE %
	ABS.	%	ABS.	%	
1 - 24	298	60,57	107	65,64	35,91
35 - 48	142	28,86	42	25,77	29,58
49 - 72	22	4,47	8	4,91	36,36
73 - 96	30	6,10	6	3,68	20,00
97 -120	0	0	0	0	0
GESAMT	492	100 %	163	100 %	33,13 %

Tab. 30.1: EKG-Störbeeinflussung von Herzschritt-
macher Nr. 1 durch Impulse bei TUR.

IMPULS- KLASSE	IMPULSE		EKG-STÖRUNGEN		STÖRQUOTE %
	ABS.	%	ABS.	%	
1 - 24	122	23,83	16	23,53	13,11
25 - 48	226	44,14	40	58,82	17,70
49 - 72	150	29,30	12	17,65	8,00
73 - 96	14	2,73	0	0	0
97 -120	0	0	0	0	0
GESAMT	512	100 %	68	100 %	13,28 %

Tab. 30.2: EKG-Störbeeinflussung von Herzschritt-
macher Nr. 2 durch Impulse bei TUR

IMPULS- KLASSE	IMPULSE		EKG-STÖRUNGEN		STÖRQUOTE %
	ABS.	%	ABS.	%	
1 - 24	454	52,30	59	57,85	12,99
25 - 48	374	43,9	37	36,27	9,89
49 - 72	40	4,61	6	5,88	15,00
73 - 96	0	0	0	0	0
97 -120	0	0	0	0	0
GESAMT	868	100 %	102	100 %	11,75 %

Tab. 30.3: EKG-Störbeeinflussung von Herzschritt-
macher Nr. 3 durch Impulse bei TUR.

IMPULS- KLASSE	IMPULSE		EKG-STÖRUNGEN		STÖRQUOTE %
	ABS.	%	ABS.	%	
1 - 24	404	30,75	152	29,01	37,62
25 - 48	564	42,92	242	46,18	42,91
49 - 72	304	23,13	125	23,86	41,12
73 - 96	42	3,20	5	0,95	11,90
97 -120	0	0	0	0	0
GESAMT	1314	100 %	524	100 %	39,88

Tab. 30.4: EKG-Störbeeinflussung von Herzschritt-
macher Nr. 4 durch Impulse bei TUR.

IMPULS- KLASSE	IMPULSE		EKG-STÖRUNGEN		STÖRQUOTE %
	ABS.	%	ABS.	%	
1 - 24	110	52,88	35	61,40	31,82
25 - 48	76	36,54	17	29,83	22,37
49 - 72	22	10,58	5	8,77	22,73
72 - 96	0	0	0	0	0
97 -120	0	0	0	0	0
GESAMT	208	100 %	57	100 %	27,40 %

Tab. 30.5: EKG-Störbeeinflussung von Herzschritt-
macher Nr. 5 durch Impulse bei TUR.

IMPULS- KLASSE	IMPULSE		EKG-STÖRUNGEN		STÖRQUOTE %
	ABS.	%	ABS.	%	
1 - 24	162	17,76	108	20,53	66,67
25 - 48	572	62,72	345	65,59	60,31
49 - 72	144	15,79	62	11,79	43,06
73 - 96	14	1,54	5	0,95	35,71
97 -120	20	2,19	6	1,14	30,00
GESAMT	912	100 %	526	100 %	57,68 %

Tab. 30.6: EKG-Störbeeinflussung von Herzschritt-
macher Nr. 6 durch Impulse bei TUR.

IMPULS- KLASSE	IMPULSE		EKG-STÖRUNGEN		STÖRQUOTE %
	ABS.	%	ABS.	%	
1 - 24	270	20,21	0	0	0
25 - 48	690	51,65	0	0	0
49 - 72	362	27,09	0	0	0
73 - 96	14	1,05	0	0	0
97 -120	0	0	0	0	0
GESAMT	1336	100 %	0	0 %	0 %

Tab. 30.7: EKG-Störbeeinflussung von Herzschritt-
macher Nr. 7 durch Impulse bei TUR

IMPULS- KLASSE	IMPULSE		EKG-STÖRUNGEN		STÖRQUOTE %
	ABS.	%	ABS.	%	
1 - 24	566	24,98	3	25,00	0,53
25 - 48	1048	46,25	7	58,33	0,67
49 - 72	610	26,92	2	16,67	0,33
73 - 96	42	1,85	0	0	0
97 -120	0	0	0	0	0
GESAMT	2266	100 %	12	100 %	0,53 %

Tab. 30.8: EKG-Störbeeinflussung von Herzschritt-
macher Nr. 8 durch Impulse bei TUR

IMPULS- KLASSE	IMPULSE		EKG-STÖRUNGEN		STÖRQUOTE %
	ABS.	%	ABS.	%	
1 - 24	294	22,00	15	25,42	5,10
25 - 48	532	39,82	20	33,90	3,76
49 - 72	436	32,64	23	38,98	5,28
73 - 96	74	5,54	1	1,70	1,35
97 -120	0	0	0	0	0
GESAMT	1336	100 %	59	100 %	4,42

Tab. 30.9: EKG-Störbeeinflussung von Herzschritt-
macher Nr. 9 durch Impulse bei TUR.

IMPULS- KLASSE	IMPULSE		EKG-STÖRUNGEN		STÖRQUOTE %
	ABS.	%	ABS.	%	
1 - 24	252	16,01	15	17,44	5,95
25 - 48	628	39,90	33	38,37	5,25
49 - 72	608	38,63	35	40,70	5,76
73 - 96	86	5,46	3	3,49	3,49
97 -120	0	0	0	0	0
GESAMT	1574	100 %	86	100 %	5,46

Tab. 30.10: EKG-Störbeeinflussung von Herzschritt-
macher Nr. 10 durch Impulse bei TUR.

IMPULS- KLASSE	IMPULSE		EKG-STÖRUNGEN		STÖRQUOTE %
	ABS.	%	ABS.	%	
1 - 24	156	22,74	0	0	0
25 - 48	352	51,31	0	0	0
49 - 72	178	25,95	0	0	0
73 - 96	0	0	0	0	0
97 -120	0	0	0	0	0
GESAMT	686	100 %	0	0 %	0 %

Tab. 30.11: EKG-Störbeeinflussung von Herzschritt-
macher Nr. 11 durch Impulse bei TUR.

IMPULS- KLASSE	IMPULSE		EKG-STÖRUNGEN		STÖRQUOTE %
	ABS.	%	ABS.	%	
1 - 24	324	42,75	170	51,52	52,47
25 - 48	304	40,10	135	40,91	44,41
49 - 72	56	7,39	14	4,24	25,00
73 - 96	38	5,01	4	1,21	10,53
97 -120	36	4,75	7	2,12	19,44
GESAMT	758	100 %	330	100 %	43,53 %

Tab. 30.12: EKG-Störbeeinflussung von Herzschritt-
macher Nr. 12 durch Impulse bei TUR:

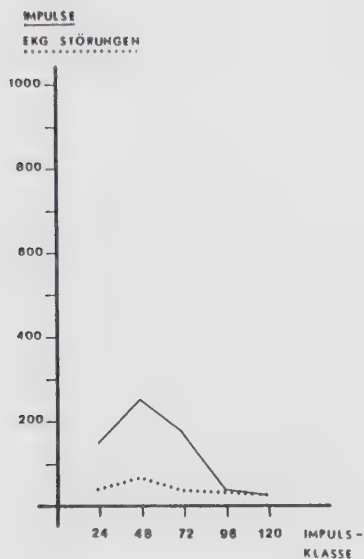
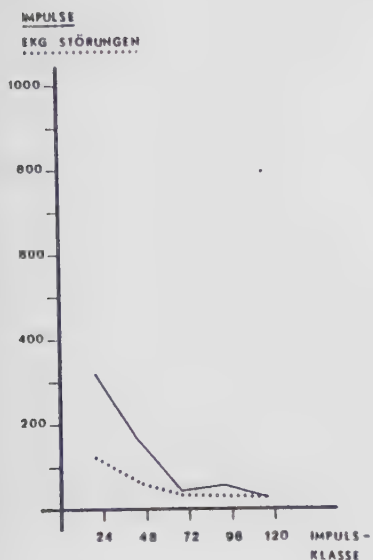


Abb. 8 (1)

Abb. 8 (2)

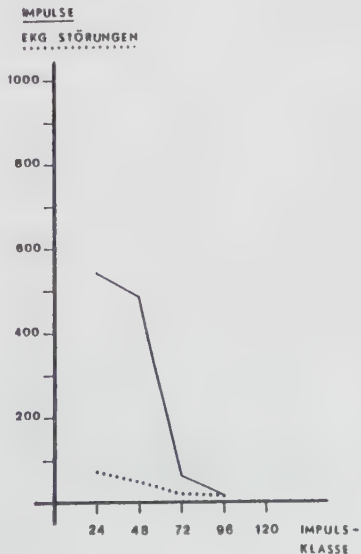
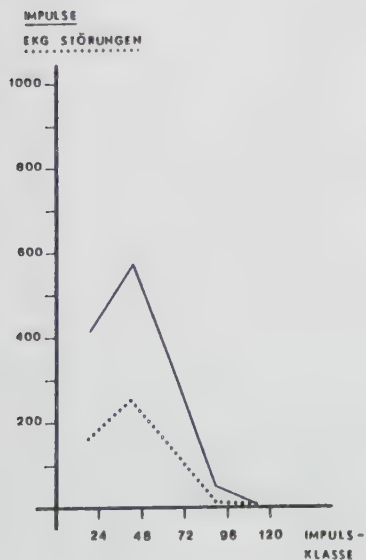


Abb. 8 (3)

Abb. 8 (4)

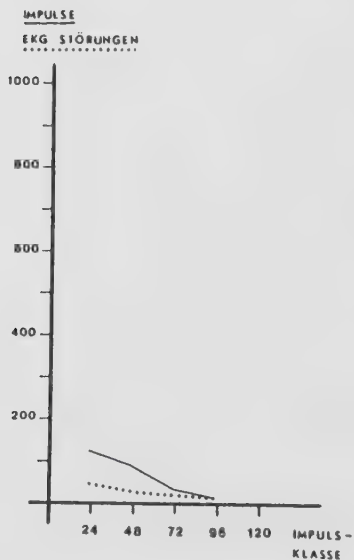


Abb. 8 (5)

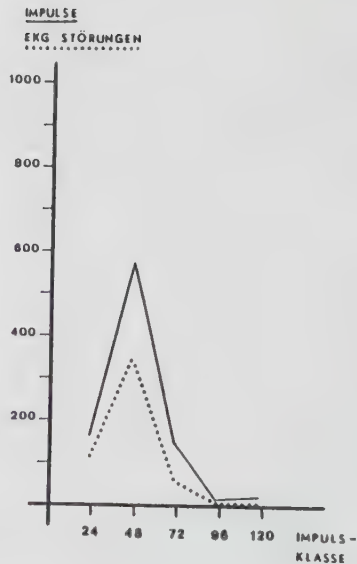


Abb. 8 (6)

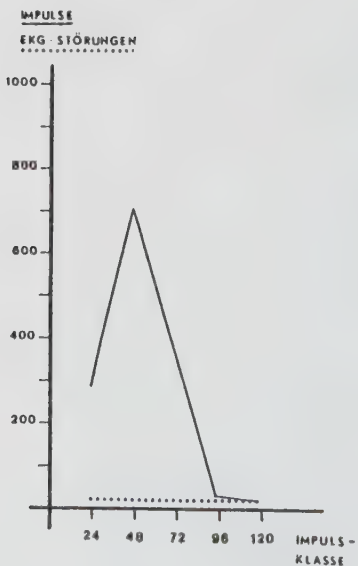


Abb. 8 (7)

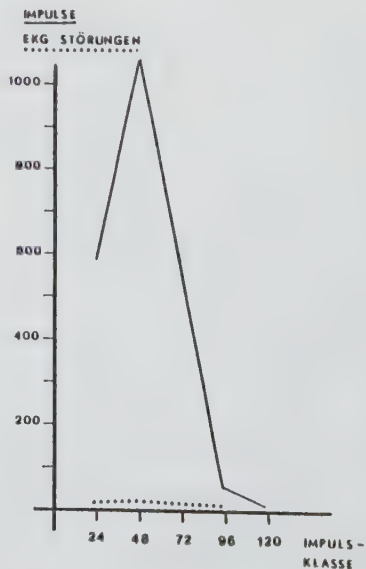


Abb. 8 (8)

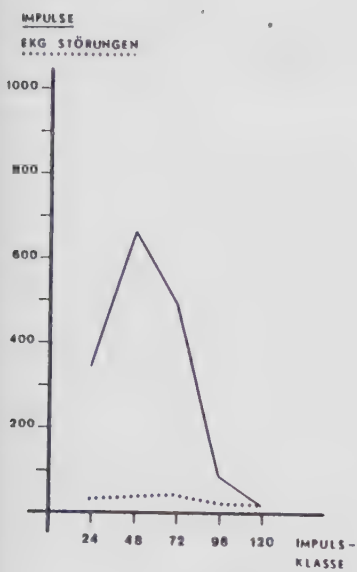


Abb. 8 (9)

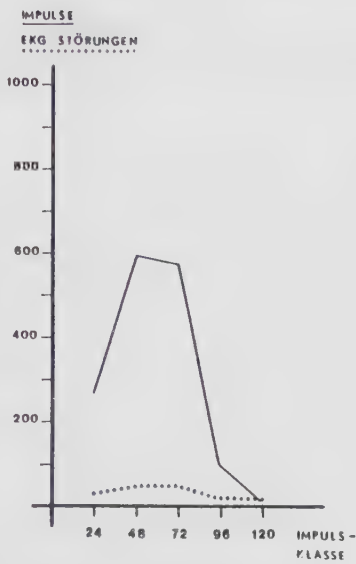


Abb. 8 (10)

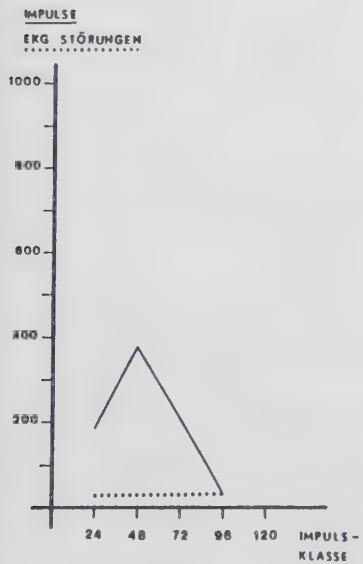


Abb. 8 (11)

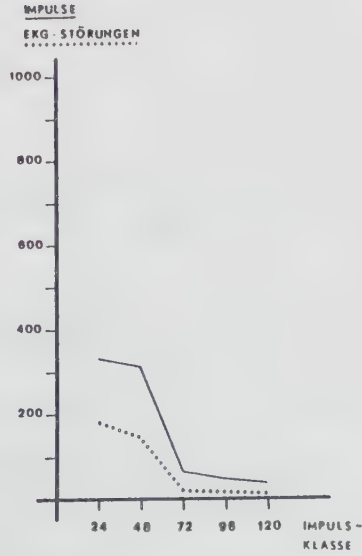


Abb. 8 (12)

Abb. 8 (1-12): Grafische Darstellung der Störbeeinflussung verschiedener Herzschrittmacher.

4.2.2.2. Testung der Schrittmacher mit aufgelegtem Magnet

Wie die Messungen der Störungen mit aufgelegtem Magnet ergaben, läßt sich jeder Schrittmacher vor Beeinflussung durch intraoperativ auftretende elektrische Felder schützen. Es ist darauf zu achten, daß verschiedene Magneten für die entsprechenden Modelle bereitgehalten werden und durch Auflegen auf das Schrittmachergehäuse die Festfrequenz programmiert wird.

Die bei den Messungen beobachteten fünf EKG-Störungen bei 1012 Impulsen (0,49 %) traten nur bei Bewegung des Magneten (Auflegen, Abnehmen, Verrutschen) auf. (Tab. 31)

LFD. NR.	PM - TYP	IMPULS- HÄUFIGKEIT	EKG-STÖRUNGEN	
			ABS.	%
3	CORDIS 221 A 7	192	5	2,60
4	DEVICES 3821 DM	432	0	0
6	EDWARDS 22 U	112	0	0
9	MEDTRONIC 5945	176	0	0
12	PRECIMED PRE 205	100	0	0
GESAMT		1012	5	0,49 %

Tab. 31: Testung mit aufgelegtem Magnet

Anteil der EKG-Störungen an den
intraoperativ gesetzten Impulsen
(PM - Patienten)

	IMPULSE ABS.	EKG - STÖRUNGEN ABS.	%
OHNE MAGNET	12262	1927	15,72
MIT MAGNET	1012	5	0,49
ZUS.	13274	1932	14,55

Tab. 32: EKG-Störungen mit und ohne Magnet

4.2.2.3. Störempfindlichkeit und Filtercharakteristik eines Herzschrittmachers

Entscheidend für die Detektionsfunktion eines Schrittmachers ist das Erkennen und Unterscheiden von Artefakten und normalem Aktionspotential des Herzens. Dazu werden Frequenzgehalt und Amplitude sowie Anstiegsteilheit eines Signals analysiert. Die Amplitude liegt zwischen 2 und 8 mV, das Frequenzspektrum zwischen 1 und 60 Hz.

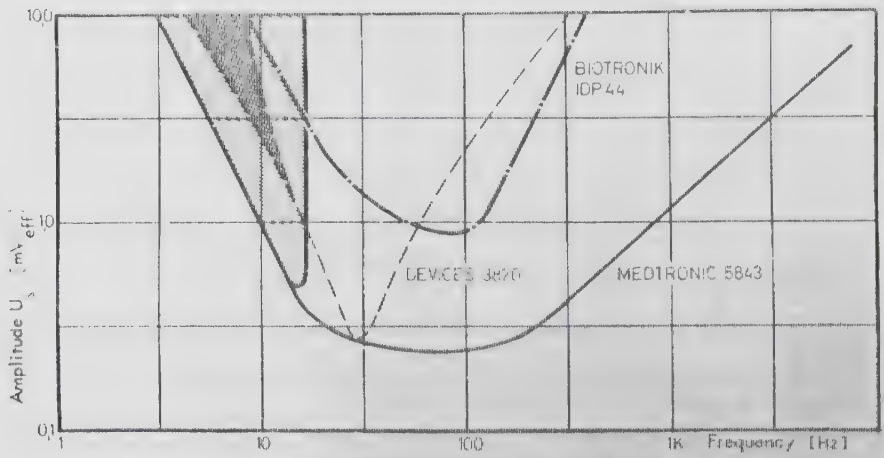


Abb. 9: Filtercharakteristik eines Herzschrittmachers

Die Störungen mit einer schnellen Folge von Ein- und Ausschaltimpulsen mit Hochfrequenzstrom werden unterschiedlich gefiltert.

Diese Filtercharakteristik der Eingangsschaltkreise ist in Abb. 9 gezeigt. Nur die Signale, die nach Amplitude und Frequenzgehalt innerhalb der von den Kurven umschriebenen Fläche liegen, können die Impuls-gabe eines Schrittmachers beeinflussen. In diesem Bereich kann der Impulsgeber nicht zwischen Artefakt und physiologischem Signal unterscheiden. (11, 56, 57)

4.2.2.4. EKG-Beispiele für Störbeeinflussung verschiedener Schrittmacher

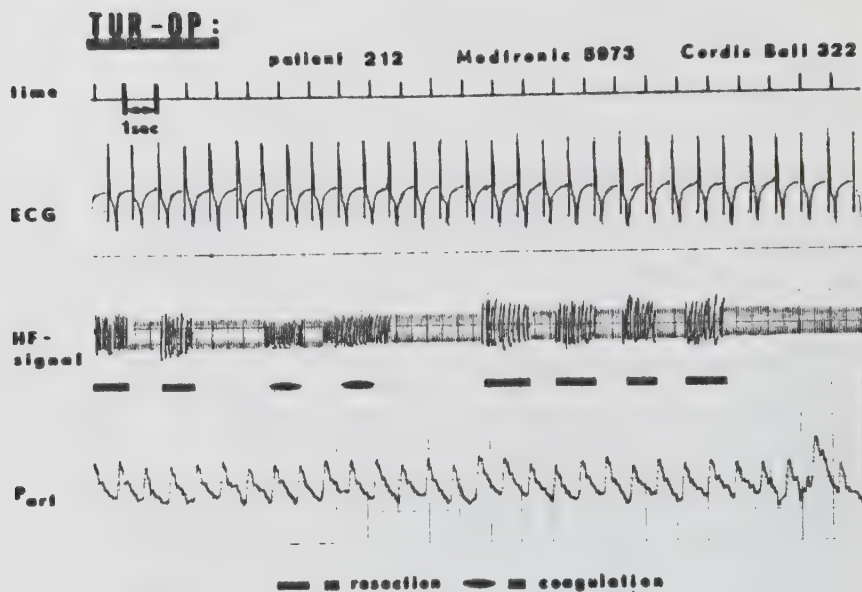
Die folgenden EKG-Kurven zeigen einige Beispiele von typischen Störungen der einzelnen Fabrikate bzw. auch den völlig ungestörten Ablauf. (Abb. 10/1-4)

Der Medtronic 5973 zeigt unbeeinträchtigten Ablauf bei Resektion und Koagulation.

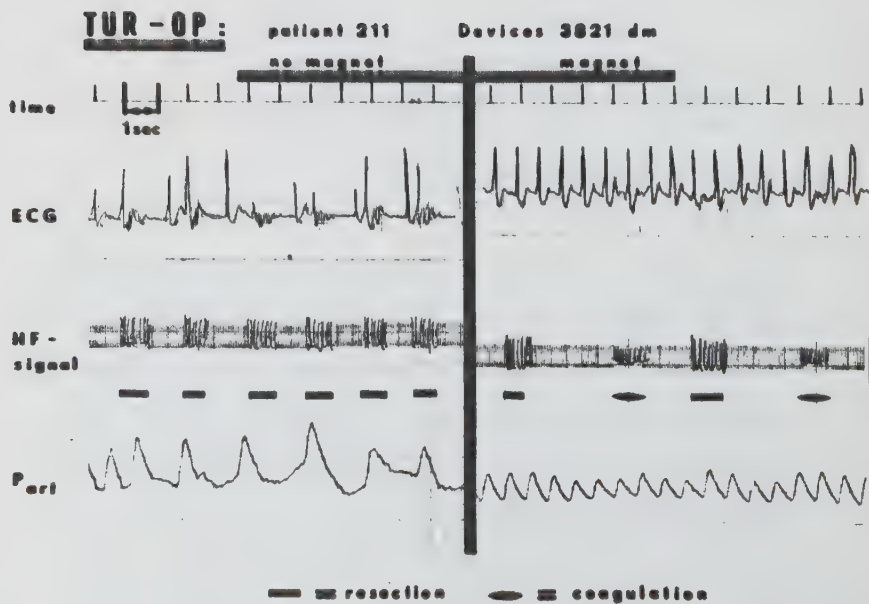
(EKG-Beispiel Nr. 1)

Beim Devices 3821 DM ist links die Störung der Funktion durch Resektion mit dem entsprechenden Ausfall der ORS-Komplexe und korrespondierenden Wegfall der Fingerpuls-kurve zu sehen. Rechts der störungsfreie Ablauf des gleichen Schrittmachers durch Magnetauflegen.

(EKG-Beispiel Nr. 2)



EKG 10 (1)



EKG 10 (2)



EKG 10 (3) und EKG 10 (4)

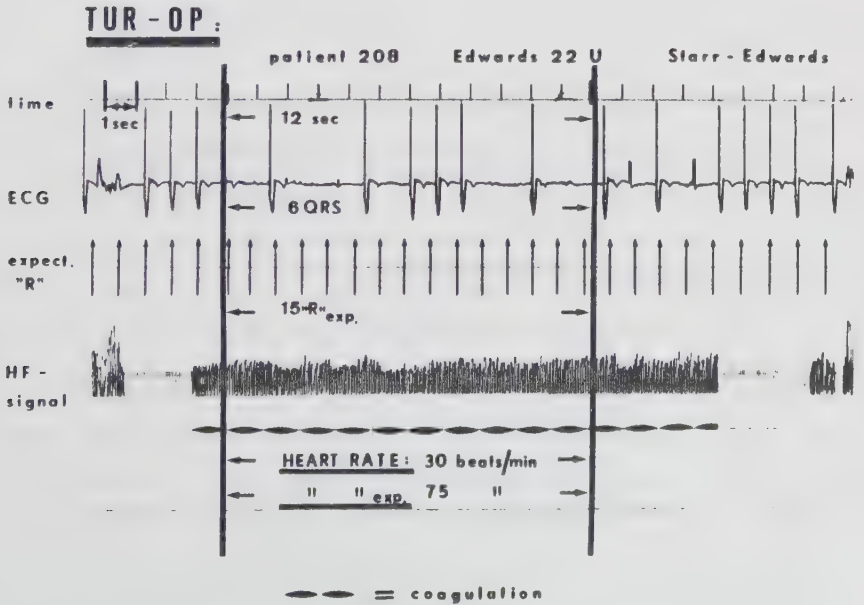


Abb. 10(1-4): EKG-Beispiele von Störbeeinflussungen verschiedener Herzschrittmacher

Beispiel Nr. 3 zeigt eine 18-Sekunden dauernde Koagulation beim Edwards 22 U, mit dem Ausfallen von mehr als 10 QRS-Komplexen in 25 Sekunden.

Im EKG-Beispiel Nr. 4 ist während eines Zeitraums von 12 Sekunden nur eine Aufzeichnung von 6 QRS-Komplexen anstelle von 15 zu erwartenden. Damit ist die Herzfrequenz in dieser Operationsphase von 75 auf 30/min. abgesunken. (Edwards 22 U)

4.2.3. OP - Dauer

Die OP-Zeit ist gleichzusetzen mit der Impulsbelastung eines Schrittmachers. Das Risiko für einen Patienten tritt jedoch nicht durch die OP-Zeit an sich auf, sondern durch die individuelle Empfindlichkeit eines Schrittmachers auf die Störreize. So ist auch bei einer OP-Dauer von 100 Minuten der Schrittmacher Nr.8 praktisch nicht zu stören, das Risiko trotz langer Dauer gering. Nr. 11 wird in 37 Minuten überhaupt nicht gestört, während bei Nr. 5 nur 14 Minuten ausreichen, um mit 57 Störungen zahlreiche riskante Situationen hervorzurufen.

4.2.4. Störbeeinflussung in Relation zum
Resektatgewicht

EKG-NR.	RESEKTAT-GEWICHT (g)	EKG-STÖRUNGEN ABS.	STÖRUNGEN PRO G RESEKTAT-GEWICHT
1	15	163	10,87
2	8	68	8,5
3	18	102	5,67
4	25	524	20,96
5	4	57	14,25
6	37	526	14,22
7	19	0	0
8	70	12	0,17
9	15	59	3,93
10	28	86	3,07
11	5	0	0
12	6	330	55,0
GESAMT	250	1927	7,70

Tab. 33: Störbeeinflussung in Bezug auf das Resektatgewicht.

Bei allen Operationen wurden insgesamt 250 g aus Prostata- oder Blasengewebe reseziert. Dabei wurden 1927 EKG-Störungen beobachtet. Das entspricht einer Störquote von 7,70 Störungen pro Gramm Resektatgewicht. Im ungünstigsten Fall lagen 330 Störungen bei einer Resektion von 6 Gramm vor, d.h. 55 Störungen/g.

4.2.5. Störbeeinflussung in Abhängigkeit von der Lage der indifferenten Elektrode

Unterschiedliche Ergebnisse zeigt die Anordnung der indifferenten Elektrode, wie auch FEIN und GREBER zeigten (16, 21) (47). Während bei EKG Nr. 5 die geringste Störanfälligkeit bei Anordnung am Becken vorliegt (28,57 %), ist der Anteil am Oberschenkel höher (47,22 %) und entsprechend der theoretischen Überlegung am höchsten am Thorax mit 80,00 %.

EKG Nr. 3 zeigt mehr als doppelt so hohe Störanfälligkeit des Schrittmacher-Systems bei Anordnung der indifferenten Elektrode am Becken oder Thorax (30,08 und 26,78 %) gegenüber nur 12,5 % am Oberschenkel.

Bei Lage der Neutralelektrode am Oberschenkel ist der Resektionsstromkreis weit vom Herzschrittmacher- Stromkreis entfernt und die Störmöglichkeit ist geringer. (Tab.34). Zudem sind weitere Beeinträchtigungen wie z.B. herablaufende Flüssigkeit am Becken des in Rückenlage gelagerten Patienten durch Anbringen der Manschette am Oberschenkel zu vermeiden.

Die Abhängigkeit von Störungen der Schrittmacherfunktion von der Lage der indifferenten Elektrode wurde sowohl bei den Operationen am Menschen, als auch im Tierversuch gesehen.

Je größer die Entfernung des Resektionsstromes in Form der indifferenten Elektrode vom Schrittmacher-Sonden-System ist, desto geringer sind die Störeinflüsse.

Die Lage am Thorax zeigt mehr als doppelt so häufige Störungen. Der ansonsten völlig zuverlässige Medtronic-pacer kann hier gestört werden.

LAGE DER INDIFF. ELEKTRODE	IMPULS- HÄUFIGKEIT ABS.	EKG-STÖRUNGEN	
		ABS.	%
THORAX	366	49	13,39
O'SCHENKEL	256	16	6,15
BECKEN	246	37	15,04
GESAMT	868	102	11,75

Tab. 34: EKG-Störungen in Abhängigkeit von der Lage der indifferenten Elektrode am Beispiel des PM Nr. 3.

4.3. Störbeeinflussung bei in - vitro - TUR

Bei dem maximal möglichen Abstand zwischen Elektroden-
spitze und Resektionsschlinge von 30 cm (= 100 %) wurde nur eines der getesteten Geräte (E-lith) gestört. Die anderen Geräte wurden teils bei erheblich geringeren Abständen, teils nicht gestört (Medtronic). Es zeigt sich also eine typenabhängige, reproduzierbare Störanfälligkeit.

Als Vergleichsmaß wurde die Einheit cm/W verwendet, die angibt, in wieviel cm Entfernung der Elektroden-
spitze des Schrittmacher-Systems von der Schlinge des Resektoskops bei einer HF-Leistung von 1 W eine Störung der Demand-Funktion ausgelöst werden kann.
(Tab. 18)

Tabelle 18 und Abb. 11 zeigen die unterschiedliche Störanfälligkeit der untersuchten Schrittmacher-systeme. Der E-lith DU 19 zeigte bei maximalen Abstandsverhältnissen (100 %) eine Dauerstörung des Schrittmachers, die auch durch Auflegen eines Magneten nicht beseitigt werden konnte. (30 cm/W)

Die 4 Cordis-Schrittmacher (162/162 C/188 A und 190) lagen mit Werten zwischen 36,7 und 56,7 % niedriger, wobei die Anfälligkeit durch Auflegen eines Magneten

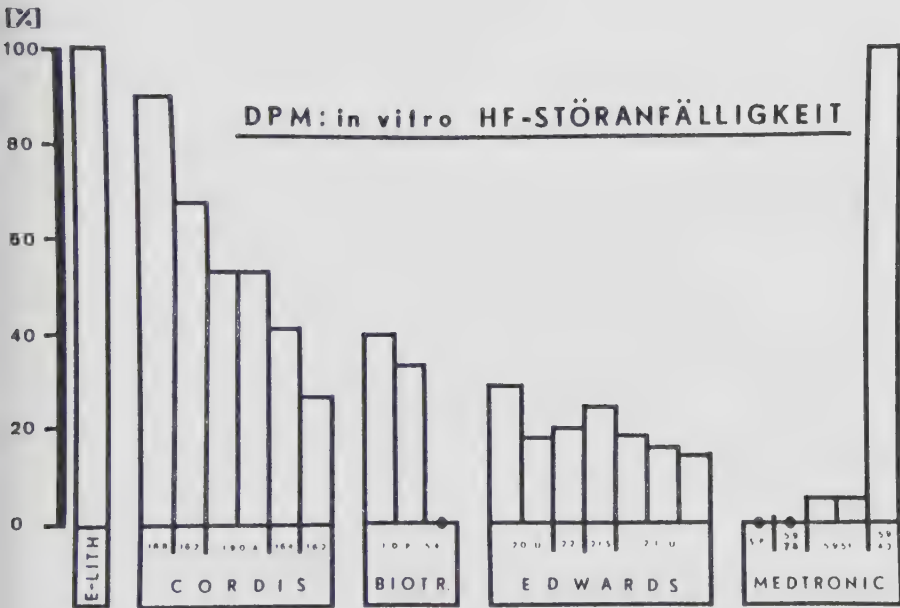


Abb. 11: Störbeeinflussung von Herzschrittmachern
beim in-vitro-Test.

deutlich gesenkt, beim 188 A sogar aufgehoben werden konnte.

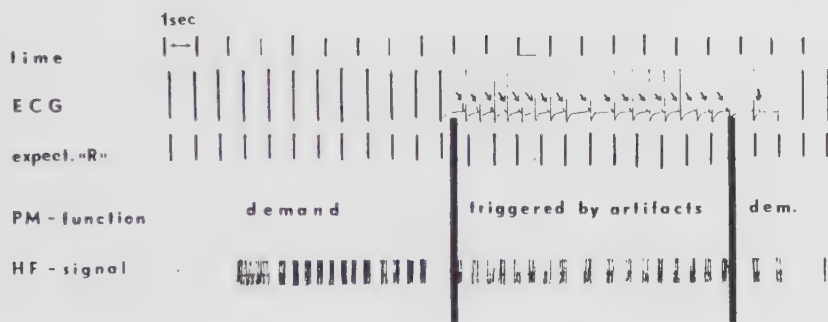
Die Biotronik-Schrittmacher IDP 54 befanden sich im mittleren Bereich der Störanfälligkeit /zw. 26,7 und 30,7 %) und konnten teilweise ebenfalls durch Magnet störungsfrei laufen.

Bei den Edwards-Schrittmachern (20 U/21 U/21 S/22 U) traten erst bei kurzen Abständen Störungen auf (10,0 - 22,7 %) die jeweils durch Magnet unterbunden werden konnten. Die geringste Empfindlichkeit zeigten die Medtronic-Schrittmacher (5951/5973 und SP 0107), die auch ohne Magnet praktisch nicht zu stören waren. Eine Ausnahme bildete der 5943, der ohne Magnet noch maximal beeinflussbar war (100 %), mit Magnet jedoch nicht mehr.

Die EKG-Beispiele (Abb. 12/1-3) zeigen, daß die Schrittmacherfunktionen durch beliebiges Einschalten des Re-sektoskops bis auf tachykarde Herzfrequenzen von > 128 getriggert, andererseits auch geblockt werden konnten. Nach Beendigung der Störimpulse setzte jeweils die ungestörte Demand-Funktion wieder ein.

TUR-OP :

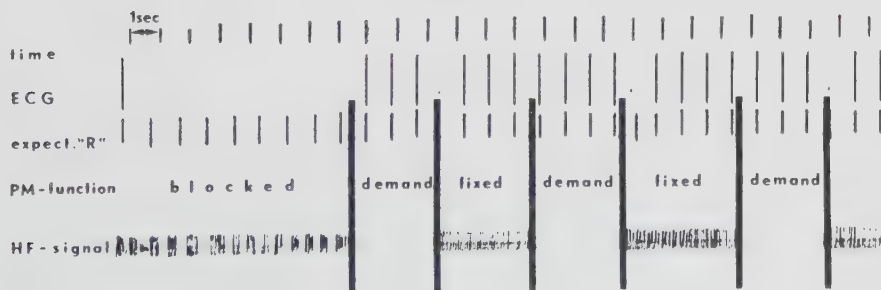
in vitro **CORDIS** 164 E OMNI ATRICOR



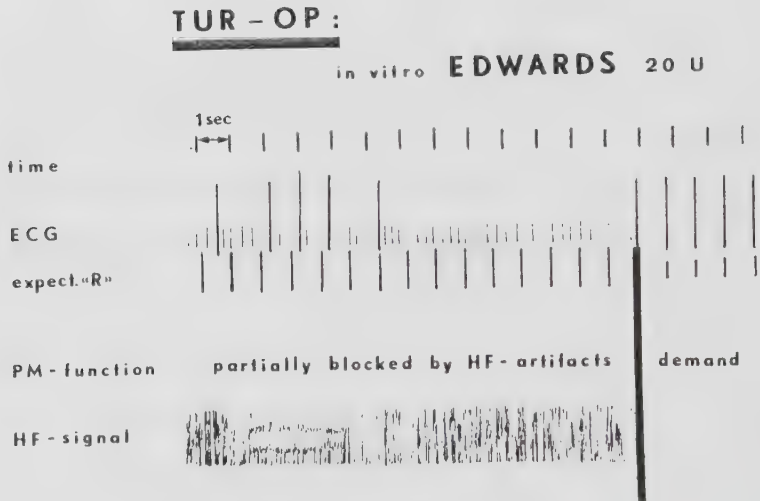
EKG 12 (1)

TUR-OP :

in vitro **CORDIS** 164 E OMNI ATRICOR



EKG 12 (2)



EKG 12 (3)

Abb. 12 (1-3): EKG-Beispiele in - vitro - Teste

4.4. Störbeeinflussung im Tierexperiment

Tabelle 19 zeigt die EKG-Störungen der in den zwei Hundeversuchen getesteten Herzschrittmacher.

Insgesamt wurden 1860 Reize durch das Elektrotom gesetzt und mit 123 EKG-Störungen beantwortet (6,61 %). Die Abbildung macht die unterschiedliche Störanfälligkeit verschiedener Schrittmachersysteme deutlich. Der Cordis-Schrittmacher wurde in 16, 2 %, die Medtronic's überhaupt nicht gestört.

Im Experiment war nun die Kombination eines Schrittmachers mit verschiedenen Sonden möglich, da den Versuchstieren mehrere Elektroden implantiert worden waren. Dabei kam die unterschiedliche Störbeeinflussung eines Schrittmachers über die Elektrode recht deutlich in Erscheinung.

Der Edwards 20 U konnte mit der Sonde Nr A überhaupt nicht, dagegen mit der Sonde Nr. B in 7,47 % gestört werden.

Die unterschiedliche Empfindlichkeit der Sonden auf gesetzte Reize zeigt Abb. 13, wobei die Cordis Ball-Tip mit Abstand am günstigsten abschneidet, ungünstig dagegen die Osypka FY 60.

Hier ist ein Einfluß der Oberflächengeometrie und Fläche, sowie des Elektrodenmaterials wahrscheinlich.

TUR-OP'S IM TIEREXPERIMENT:

EKG STÖRUNGE IN ABHÄNGIGKEIT DER

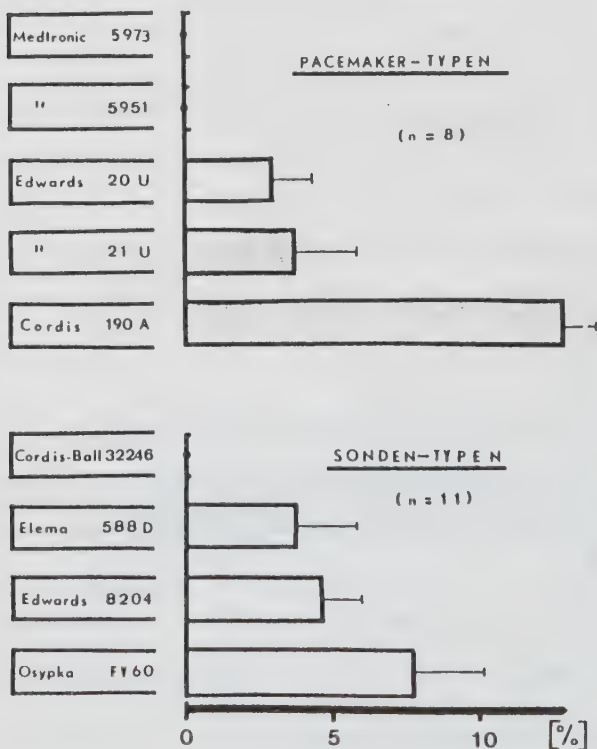


Abb. 13: EKG-Störungen im Tierversuch in Abhängigkeit von Herzschrittmacher- und Elektroden-typ.

Die Zusammenstellung der verschiedenen Systeme zeigt, welche Kombinationen von Schrittmachern und Sonden besonders empfindlich auf Störeinflüsse reagieren und welche unempfindlich sind.

So konnte der Cordis-Omni-Stanisor mit nahezu jeder Sonde außer der Osypka SF 61 gestört werden, während beide Medtronic-pacer mit keiner der verwendeten Elektroden Störungen zeigten.

Diese Messungen bestätigten die bei den Operationen am Menschen beobachteten Ergebnisse.

In einem weiteren Teil des Versuchs wurde die Lage der indifferenten Elektrode des Resektionsstromkreises verändert. Es wurden zwei Schrittmacher der Firma Cordis und Medtronic jeweils mit der Osypka-Sonde FY 60 getestet.

Beim Anlegen der Elektrode am Hals, am Unterbauch des Versuchstieres zeigten sich Störungen nur beim Cordis, nicht beim Medtronic-pacer. Dagegen ist beim Anlegen der Elektrode am Thorax bei beiden Geräten die Funktion während der Reizsetzung gestört.

Einfluß der Lage der indifferenten Elektrode

LAGE DER ELEKTRODE	CORDIS O.S. MEDTRONIC 5973 MIT OSYPKA - SONDE FY 60	
HALS	+	-
THORAX	+	+
UNTERBAUCH	+	-

4.5. Synopsis der Störbeeinflussung bei
Schrittmacher-EKG's

	O.M.	M.M.	GESAMT
OP-ZEIT GESAMT (MIN)	650.10	65.50	716.00
10-SEK. INTERVALLE (SEC)	3900	396	4296
EINSCHALTHÄUFIGKEIT (ABS.)	6131	506	6637
IMPULSHÄUFIGKEIT	12262	1012	13274
EKG-BEEINFLUSSUNG (ABS.)	1927	5	1932
ANTEILE DER STÖRUNGEN (%)	15,72	0,49	14,55

Tab. 35: Synopsis der Operationsdaten bei 12 TUR
an Herzschrittmacherpatienten

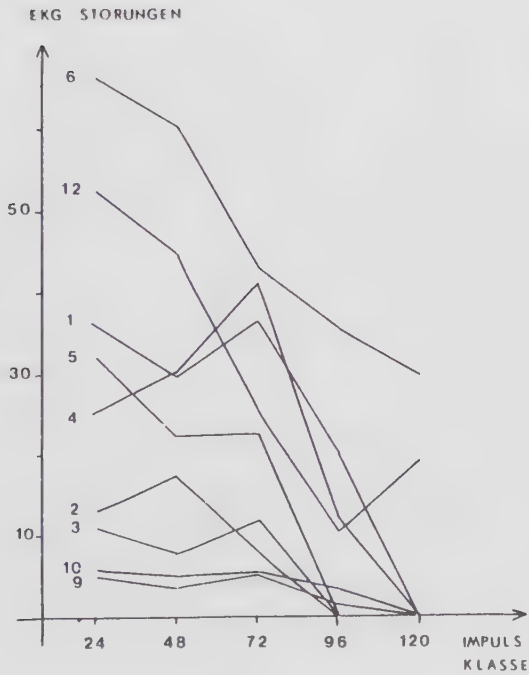


Abb. 14: "Störprofile der einzelnen Herzschritt-
macher.

(Lfd.Nr. wie in Tab. 3o)

EKG-NR.	OP-ZEIT (MIN)	RES. GEW. (G)	IMPULSE (ABS.)	EKG-STÖR. (ABS.)	STÖRQUOTE (%)
1	59,40	15	492	163	33,13
2	26	8	512	68	13,28
3	66 o.M. <u>13</u> M.M.		868 <u>192</u>	102 <u>5</u>	11,75
	79 GES.	18	1060	107	
4	63,20 o.M. <u>29,10</u> M.M.		1314 <u>432</u>	524 <u>0</u>	39,88
	92,30 GES.	25	1746	524	
5	14	4	208	57	27,40
6	38,50 o.M. <u>5,20</u> M.M.		912 <u>112</u>	526 <u>0</u>	57,68
	44,10 GES.	37	1024	526	
7	51,30	19	1336	0	0
8	100,50	70	2266	12	0,53
9	69,30 o.M. <u>12</u> M.M.		1336 <u>176</u>	59 <u>0</u>	4,42
	81,30 GES.	15	1512	59	
10	67,40	28	1574	86	5,46
11	37	5	686	0	0
12	55,20 o.M. <u>6,20</u> M.M.		758 <u>100</u>	330 <u>0</u>	43,53
	62,10 GES.	6	858	330	
GESAMT	650,10 o.M. <u>65,50</u> M.M.		12262 <u>1012</u>	1927 <u>5</u>	15,72
	716 GES.	250	13274	1932	

Tab. 36: Auswertung der EKG-Daten von 12 transurethralen Resektionen an Herzschrittmacherpatienten.

5. DISKUSSION

In medizinisch therapeutischen Bereichen sind zahlreiche Störbeeinflussungen von implantierten Herzschrittmachern beschrieben.

EFFERT berichtet, daß unter der Bestrahlung mit einem 69-cm-Wellen-Therapiegerät (Hochfrequenztherapie) ein Exitus eintrat. Bei Nachprüfung unter simulierten Bedingungen ergab sich ein Anstieg der Schrittmacherfrequenz in Abhängigkeit von der in Stufen einstellbaren Intensität bis auf 214/min. Das Ergebnis zeigt, daß trotz Abschirmung des Schrittmachers durch eine Metallkapsel hochfrequente Störungen über die Elektrode in den Zeitgeberkreis eingreifen können und daß daraus sowohl eine Beschleunigung als auch eine Inhibition und ein Umschalten auf Störfrequenz auftreten kann. (21)

Einen Einfluß durch Diathermiegeräte beobachtete auch SOWTON, bei dem ein Schrittmacher durch ein Kurzwellengerät inhibiert wurde. (81)

SCHAUDIG behauptet zwar, daß heute nur noch starke elektromagnetische Impulse als Gefahr für Demand-Schrittmacher anzusehen seien, empfiehlt jedoch bei Kurzwellen-Behandlungen an Patienten nur weit entfernt vom Implantationsbereich zu bestrahlen (z.B. am Unterarm oder Händen und Beinen). Bei elektro-chirurgischen Operationen wird

empfohlen, daß bei Schneiden und Koagulieren mit HF-Strom nicht das Schrittmacher-System zwischen differenter und indifferenter Elektrode zu liegen kommt. (75)

Die Literatur zeigt jedoch zahlreiche Beispiele von lebensbedrohlichen Störungen bei elektrophysiologischen Maßnahmen und insbesondere auch bei transurethralen Resektionen. LICHTER berichtete bereits 1965 über zwei Patienten, bei denen Kammerflimmern durch elektrische Schneidegeräte bei Thorakotomie eintrat.

FEIN zeigte bereits 1967 bei TUR's intraoperativ aufgetretene Störungen im EKG in Abhängigkeit von der Lage des Herzschrittmacherstromkreises zur Lage des elektrophysiologischen Stromkreises. Als Schlußfolgerung gab er einen ausreichenden Abstand zwischen Schrittmachereinheit und der Elektrode des Elektrokauters an.

GREENE zeigte 1972 bei 8 Schrittmacher-Patienten eine intraoperative Beeinflussung während TUR's (38);

LERNER sah dies insbesondere bei Resektionen, nicht dagegen bei Koagulation. (55)

SMITH dagegen sah bei einer TUR ein Absinken der Pulsfrequenz von 72/min auf 40/min sowohl beim Schneiden als auch Koagulieren (80), während andere den Koagulationsstrom ohne EKG-Veränderungen sahen. (83)

GREBER zeigte bei TUR's die Gefahr durch Resektions- bzw. Koagulationsstrom. Bei 4 Fällen mit Herzschrittmachern traten keine intraoperativen Komplikationen auf. Als Bedingung für problemlose Funktion wurde gefordert, daß eine möglichst große Distanz zwischen Schrittmacher-Stromkreis und Resektions-Stromkreis durch Anlegen der freien Resektions-Elektrode am Oberschenkel hergestellt wird.

Allerdings kann damit die Gefahr einer Störung nicht gänzlich ausgeschlossen, sondern nur verringert werden. Es wurde gezeigt, daß Starrfrequenz-Schrittmacher mit Zener-Dioden unempfindlich gegen Schneid- und Koagulations-Ströme sind. Demand-Schrittmacher dagegen können u.U. durch elektrische Störung abgestellt werden und es kann Asystolie eintreten. (37)

Die elektrischen und pathophysiologischen Vorgänge bei TUR wurden von verschiedenen Untersucherguppen beschrieben:

Bei Schrittmacher-Trägern kommt es bei Anwendung von elektrophysikalischen Schneidgeräten an der Schneid- bzw. Koagulationsstelle zu elektrischen Störsignalen. Diese Induktionsströme werden sowohl in das Herz als auch in die Elektronik des Impulsgenerators fortgeleitet. In Abhängigkeit vom Modulationsgrad des Schneidgeräts können diese Induktionsströme eine ernste Gefahr für Schrittmacher-Patienten darstellen. Die Amplitude des Störsignals ist

dabei umso kleiner, je größer der Modulationsgrad des Schneidgeräts ist.

Während des Schneidvorgangs kam es entweder zu einer vorzeitigen oder einer stark verzögerten Entkopplung des Stimulationsimpulses. Die dadurch bedingte Herzarrhythmie war beträchtlich. Regelmäßig ließ sich aber auch ein deutlicher Entladungseffekt der Schrittmacherbatterien bei allen untersuchten Modellen mit gleichzeitiger Abnahme der Impulsbreite nachweisen.

Bei Verwendung von Schneidgeräten mit niederfrequenten Wechselströmen mit einem Modulationsgrad von 50 Hertz bei Schneidung und 50 KHz bei Koagulation wurden Störungen beim Schneiden, nicht beim Koagulieren festgestellt.

Die Flimmerschwelle des Herzens liegt bei 20 Volt, falls der Stromstoß in die vulnerable Phase fällt. Die Ein- und Ausschaltspitzen bei der Elektro-Resektion der Prostata liegen mit 19 Volt nahe dieser Grenze. Wenn aber zufällig ein Schrittmacherimpuls mit einer solchen Ein- oder Ausschaltspitze zusammenfällt, so kann eine Amplitude bis zu 30 Volt erreicht werden.

Eine Gefährdung für Schrittmacherpatienten ergibt sich insbesondere dann, wenn ein Impuls in die vulnerable Phase des Herzzyklus fällt, die bei einer Herzfrequenz von 70/min. ca. 300 msec nach der Q-Zacke beginnt und eine Dauer von ca. 40 msec hat. Eine Stimulation des Herzens in dieser

Zeitspanne kann zu lebensbedrohlichen Rhythmusstörungen führen. (71 - 74, 11)

Diese Beeinflussungen sind allein durch die Art der Schrittmacher-Abschirmung nicht zu beeinflussen, wenn auch Unterschiede dabei bestehen und gegenüber ungekapselten bis zum Faktor 10 ausmachen. (15)

Die Filter- bzw. Eingangsscharakteristik verschiedener Schrittmacher ist ein entscheidender Faktor neben anderen.

So konnten einige Untersucher bereits auf die stark divergierenden Empfindlichkeiten von PM hinweisen. (15,)

Ein Bedarfsschrittmacher unterscheidet aufgrund eines Einschaltungskreises zwischen dem Aktionspotential des Herzens und anderen Signalen. Amplitude und Frequenz eines Signals werden ermittelt, können jedoch nicht immer als "störend" weggefiltert werden. So ist bei gleichen Amplituden und Frequenzgehalt oder auch bei sehr hoher Amplitude und differenter Frequenz eines Signals eine Störmöglichkeit des inhibierbaren Schrittmachers die Folge.

Insbesondere schnell aufeinander folgende Ein- und Ausschaltimpulse von elektrochirurgischen Geräten können die Schrittmacherfunktion gefährden.

Die Impulsabgabe eines Demand-Schrittmachers erfolgt nur, wenn in dem Intervall zwischen 400 und 850 msec nach der

vorangegangenen Aktion keine elektrische Aktivität registriert wird. (40)

Während der sogenannten Refraktärzeit von 250 bis 400 msec ist der Schrittmacher gegenüber Störsignalen unempfindlich.

Die unterschiedliche Störbeeinflussung der verschiedenen Schrittmachersysteme konnte bei den Operationen an Schrittmacherpatienten sowohl beim Schneiden als auch beim Koagulieren nachgewiesen werden, wobei beim Schneiden (16,47%) die höhere Störquote auftrat als beim Koagulieren (11,04%). Dies kann durch die größeren Verletzungsströme erklärt werden. Es gibt jedoch auch in unseren Untersuchungen Modelle, die auf Koagulation empfindlich reagieren. (13,2 gegenüber 10,74%)

Die Unterschiede sind jedoch nicht gravierend und der Wertigkeit nach für die Praxis nicht bedeutend.

Deutlich war das Ergebnis, daß das hauptsächlich bei TUR's verwendete Frequenzspektrum von 24-72 Impulsen, entsprechend 12-36 Resektoskopeinschaltungen pro Minute annähernd gleiche Störquoten von 16,3 bis 18,3 % zur Folge hatte. Diese Frequenz berührt die vulnerable Phase des Herzens am häufigsten und kann die Filtercharakteristik der einzelnen Schrittmachersysteme leicht täuschen. Erst die Untersuchung verschiedener Modelle unter gleichen Bedingungen wie Distanz zwischen differenter und indifferenter Elektrode, Implantationsort des Schrittmachers,

gleicher Strombedarf des Resektoskops ermöglichten vergleichbare Aussagen. Die Operationsergebnisse konnten durch zwei Hundeversuche bestätigt werden, wobei wiederum die Medtronic-Schrittmacher am unempfindlichsten waren, der Cordis-Schrittmacher stark gestört war.

Die bei den Operationen beobachteten Modelle von Edwards, Precimed und Devices mit hoher Störquote von 27 bis 57 % wurden im Hundeversuch nicht getestet.

Zur Erweiterung der Aussagen konnten in vitro weitere Modelle untersucht werden, die die Ergebnisse in vivo bestätigten: die Medtronic-Schrittmacher waren auch hier am unempfindlichsten, während andere, insbesondere Cordis empfindlich reagierten.

Die Ergebnisse zeigten für jeden Schrittmacher eine Störungscharakteristik, die eine Kongruenz der anfallenden EKG-Störungen mit der Zahl der Störimpulse ergab. (Tab. 30/1-12 und Abb. 8/1-12 und Abb. 14)

Die verschiedentlich bereits geforderten standardisierten Messungen mit einem Simulationsmodell zur Beurteilung der Störanfälligkeit von elektromagnetischen Feldern kann die zu erwartenden Operationsrisiken insbesondere bei den noch jahrelang in Betrieb befindlichen Schrittmachern darlegen. Bis dahin kann sich ein Operateur bei einer TUR nicht präoperativ über eine zu erwartende Störanfälligkeit informieren. Außerdem sind noch viele ältere Schrittmacher ohne

optimale technische Schutzvorrichtungen wie Metallkapselung und Verbesserung der Filtercharakteristik in Betrieb und die gelangen zu elektrochirurgischen Eingriffen.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Es galt, die in einem verbreiteten medizinisch-therapeutischen Bereich eingesetzten elektrochirurgischen Geräte und die Beeinflussung von Demand-Schrittmachern durch auftretende elektromagnetische Felder zu untersuchen.

Dabei wurde die Störbeeinflussung durch transurethrale Resektionen an 12 Schrittmacher-Patienten untersucht. Zur Absicherung der Ergebnisse und Erweiterung der Aussage wurden 22 Schrittmacher und 4 Sonden im in-vitro-Test sowie 9 Schrittmacher und 6 Sonden bei zwei Hundeversuchen getestet.

Es wurden insgesamt 716 Minuten Operationsdauer bei TUR-Patienten registriert und 6131 Resektoskop-Einschaltungen, entsprechend 12262 Impulsen, aufgezeichnet. Dabei traten 1927 EKG-Störungen auf. Die durchschnittliche Störquote betrug 15,72 %.

Die Unterschiede in der Störbeeinflussung der verschiedenen Schrittmachersysteme wurden deutlich, so daß jeweils ein sogenanntes "Störprofil" erstellt werden konnte.

Damit ist die Beantwortung eines Schrittmachers mit EKG-Störungen durch den "Beschuß" der Resektoskop-Einschaltungen beim Schneiden und Koagulieren meßbar. Diese Störbeeinflussung hängt in erster Linie von der entsprechenden Filtercharakteristik der Eingangsschaltkreise ab. Insbesondere schnell aufeinanderfolgende Ein- und Ausschaltimpulse mit der bei TUR häufigen Impulsfolge von 24-72/min gefährden die Schrittmacherfunktion mit einer durchschnittlichen Störquote von 35 %. Insgesamt wurden 31,44 % der Resektoskopeinschaltungen durch EKG-Störungen beantwortet. Beim Schneiden ist die Störquote höher als beim Koagulieren (32,9 % gegenüber 22,10 %). Die verschiedenen Schrittmacher-Systeme zeigen sehr unterschiedliche Anfälligkeit mit 57,57 % beim ungünstigsten Modell bis zur völlig unbeeinträchtigten Funktion beim besten Modell.

Auch die verschiedenen Elektroden-Typen zeigen unterschiedliches Verhalten.

Die Gefährdung des Patienten ist von mehreren Faktoren abhängig, die der Operateur nicht beeinflussen kann: das spezifische Verhalten eines Schrittmacher-Sonden-Systems, die Operationsdauer, das Operationsgebiet mit Ausdehnung des pathologischen Befundes, notwendige Resektionsdauer und Impulshäufigkeit.

Der Operateur kann durch ein besonderes Verhalten diese Faktoren nicht beeinflussen, zudem ist ihm die spezifische Störanfälligkeit eines Schrittmachers präoperativ nicht bekannt. Er kann die intraoperativ zu erwartende Gefährdung nicht vorhersehen. Als Schlußfolgerung ergeben sich für ihn daher folgende Bedingungen:

In Zusammenarbeit mit dem verantwortlichen Narkosearzt ist dafür Sorge zu tragen, daß bei TUR an Schrittmacher-Patienten ein für das betreffende Modell spezieller Magnet auf das Schrittmachergehäuse aufgelegt und fixiert wird. Damit ist die Störung durch die elektromagnetischen Felder zuverlässig zu vermeiden. Eine Gefährdung des Patienten ist somit sicher ausgeschlossen. Operationsdauer und Resektatgewicht sind damit keine beeinflussenden Faktoren mehr.

Die indifferente Elektrode sollte stets am Oberschenkel des Patienten angebracht werden, um die mögliche Störquote niedrig zu halten.

Für die Dokumentation der technischen Daten bei Schrittmachersystemen ist eine Deklaration der Störanfälligkeit im Bereich von medizinisch-therapeutischen elektromagnetischen Beeinflussungen zu fordern.

Bei der Weiterentwicklung der Schutzschaltungen und Abstimmung der Filtercharakteristik ist auf die Verbesserung der Erkennung von artifiziellen Störungen zu achten,

um auch bei dem möglicherweise ungeschützten Patienten die Gefährdung niedrig zu halten.

Für den implantierenden Herzchirurgen wäre schließlich die Angabe einer typenspezifischen Störquote ein legitimes Kriterium für die Auswahl eines Schrittmachermodells.

7. VERZEICHNIS DER TABELLEN UND ABBILDUNGEN

2.1.5.	Tab. 1	Schrittmacher-Herzfrequenz und entsprechende $\overline{RR}$ -Zeit (sec)
2.2.1.	<u>Abb. 1</u>	Versuchsaufbau in-vitro-Test
2.2.2.	<u>Abb. 2</u>	Versuchsaufbau Tierexperiment
3.1.2.	Tab. 2	Geschlechtsverteilung der TUR-Patienten
3.1.3.	Tab. 4	Altersverteilung der TUR-Patienten
3.1.3.	<u>Abb. 3</u>	Histogramm: Altersverteilung der TUR-Patienten
3.1.3.	<u>Abb. 4</u>	Histogramm: Altersverteilung der PM-Patienten
3.1.3.	Tab. 5	Altersverteilung der PM-Patienten
3.1.4.	Tab. 6	Urologische Diagnose
3.1.5.	Tab. 7	Cardiologische Diagnose
3.1.6.	Tab. 8	Operationsdauer
3.1.7.	Tab. 9	Narkose-Art
3.1.8.	Tab.10	Resektat-Gewicht
3.1.9.	Tab.11	verschiedene Operateure
3.1.1.2.	Tab.12	Zusammenstellung der implantierten Herzschrittmacher und Elektroden bei TUR-Patienten

3.1.1.2.	Tab.13	Oberfläche der gesetzten Elektroden
3.1.1.4.	Tab.14	Alter der implantierten Herschrittmacher
3.1.1.7.	<u>Abb. 5</u>	Vulnerable Phase des Herzens
3.2.1.	Tab. 15	Zusammenstellung der getesteten Herschrittmacher und Elektroden beim in-vitro-Test
3.2.1.	Tab.16	Technische Daten der getesteten Herschrittmacher beim in-vitro-Test
3.2.2.	Tab.17	Zusammenstellung der getesteten Herschrittmacher und Elektroden beim Tierversuch
3.2.1.	Tab.18	Störbeeinflussung von Schrittmachern beim in-vitro-Test
3.2.2.	Tab.19	Störbeeinflussung von Schrittmachern im Tierversuch
4.1.1.	Tab.20	Impulshäufigkeit in den Impulsklassen (PM-Patienten)
4.1.1.	Tab.21	Relative Häufigkeit der Impulse in den Impulsklassen (PM-Patienten)
4.1.1.	<u>Abb. 6</u>	Histogramm: Relative Häufigkeit der Impulse in den Impulsklassen (PM-Patienten)

4.1.1.	Tab.22	Impulshäufigkeit in den Impulsklassen (Kontrollgruppe)
4.1.1.	Tab.23	Relative Häufigkeit der Impulse in den Impulsklassen (Kontrollgruppe)
4.1.2.	Tab.24	Impulshäufigkeit bei TUR-OP beim Schneiden und Koagulieren (PM-Patienten)
4.1.2.	Tab.25	Impulshäufigkeit bei TUR-OP beim Schneiden und Koagulieren (Kontrollgruppe)
4.2.1.	Tab.26	Häufigkeitsverteilung der EKG-Störungen in den einzelnen Impulsklassen
4.2.1.	Tab.27	absolute Häufigkeitsverteilung der EKG-Störungen in den einzelnen Impulsklassen bei den verschiedenen Herzschrittmachern
4.2.1.	Tab.28	relative Verteilung der EKG-Störungen in den einzelnen Impulsklassen bei den verschiedenen Herzschrittmachern
4.2.1.	<u>Abb. 7</u>	relative Verteilung der EKG-Störungen in den einzelnen Impulsklassen bei den verschiedenen Herzschrittmachern
4.2.1.1.	Tab.29	Häufigkeit der EKG-Störungen der einzelnen Schrittmacher beim Schneiden und Koagulieren
4.2.2.	Tab.30 (1-12)	Störbeeinflussung verschiedener Herzschrittmacher
4.2.2.	<u>Abb. 8</u> (1-12)	Grafische Darstellung der Störbeeinflussung verschiedener Herzschrittmacher

4.2.2.2.	Tab.31	Störbeeinflussung mit aufgelegtem Magnet
4.2.2.2.	Tab.32	EKG-Störungen mit und ohne Magnet
4.2.2.	<u>Abb. 9</u>	Filtercharakteristik eines Herzschrittmachers
4.2.2.4.	<u>Abb.10</u> (1-4)	EKG-Beispiele von Störbeeinflussung verschiedener Herzschrittmacher
4.2.4.	Tab.33	Störbeeinflussung in Relation zum Resektatgewicht
4.2.5.	Tab.34	EKG-Störungen in Abhängigkeit von der Lage der indifferenten Elektrode
4.3.	<u>Abb.11</u>	Störbeeinflussung von Herzschrittmachern beim in-vitro-Test
	<u>Abb.12</u> (1-3)	EKG-Beispiele von Störungen beim in-vitro-Test
4.4.	<u>Abb.13</u>	EKG-Störungen im Tierversuch in Abhängigkeit von Herzschrittmacher- und Elektrodentyp
4.5.	Tab.35	Synopsis der OP-Daten bei PM-Patienten
4.5.	<u>Abb.14</u>	"Störprofile der einzelnen Herzschrittmacher
4.5.	Tab.36	Auswertung der EKG-Daten von 12 transurethralen Resektionen an Herzschrittmacherpatienten

8. LITERATURVERZEICHNIS

1. AVENHAUS, H.:
Das Schrittmacher-EKG.
Internist 18, 8 (1977)
2. BALDUS, O.; H.K.SCHULTEN; F.R.RÜHRIG; P.VON SMEKAL:
Durch elektrische Haushalts- und medizinische Therapiegeräte induzierte Rhythmusstörungen bei Schrittmacherpatienten.
Intensivmedizin, 10, Heft 5, 362 (1972)
3. BAROLD, S.S.; J.J. GAIDULA:
Failure of demand pacemaker from low-voltage bipolar ventricular elektrograms.
JAMA, 6 , 923 (1971)
4. BAROLD, S.S.; G.A.PUPILLO; J.J. GAIDULA; J.W.LINHART:
Chest wall stimulation in evaluation of patients with implanted ventricular-inhibited demand pacemakers.
Brit.Heart., 32, 783 (1970)
5. BAROLD, S.S.; J.J.GAIDULA; R.CASTILLO:
Unusual response of demand pacemakers to magnets.
Brit.Heart J., 35, 353 (1973)
6. BAROLD, S.S.; J.J.GAIDULA:
Evaluation of normal and abnormal sensing functions of demand pacemakers.
Amer.J.Card.Aug. (1971)

7. BAROLD, S.S.; J.J.GAIDULA; J.L.LYON; M.CAROLL:
Irregular recycling of demand pacemakers from
borderline electrographic signals.
Amer.Heart J., 4 , 447 (1971)
8. BAROLD, S.S.; M.D.FALKOFF; L.S.ONG; R.A.HEINLE:
The third decade of cardiac pacing Multiprogrammable
pulse generators.
Brit.Heart J. 45, 357 (1981)
9. BATTIG, C.B.:
Electrosurgical burn injuries and their prevention.
JAMA, 204, 1025 (1968)
10. BECKER, C.M.; I.V.MALHOTRA; J.HEDLEY-WHITE:
The distribution of radiofrequency current and burns.
Anaesthes. 38, 106 (1973)
11. BEYER, J.:
Funktionsstörungen von Demand-Schrittmachern durch
elektrochirurgische Geräte in der Urologie: Tech-
nische und physiologische Aspekte.
Pers.Manuskript (1981)
12. BEYER, J.; W.HEMMER:
Physiologische Stimulation mit Herzschrittmachern.
Springer (1983)

13. BISPING, H.J.; W.IRNICH:
Beeinflussung von implantierten Herzschrittmachern
durch Fernseh- und Rundfunkgeräte
DMW 101, 668 (1976)

14. BISPING, H.J.:
Zusammenstellung der Firmen, die im deutschsprachigen
Raum implantierbare Herzschrittmacher anbieten.
Biomed.Techn. 24, 28 (1979)

15. BLASER, R.; H.DITTRICH; U.KIRSCH; M.SCHALDACH:
Störempfindlichkeit implantierbarer Herzschrittmacher.
Biomed.Techn. 3, 109 (1972)

16. BLÖMER, H.:
20 Jahre Herzschrittmachertherapie
ZFA, 10, 58 (1), 19, (1982)

17. CARLENS, E.; M.ERICSSON; M.LEVANDER-LINDGREN;
K.PEHRSSON:
Detector elektrode introduced by mediastinoscopy
for atrial triggered cardiac pacing.
Brit. Heart J. 39, 1265 (1977)

18. CASTELLANOS, A.; M.SPENCE:
Pacemaker arrhythmias in context.
Amer.J.Card. Mar., 372 (1970)

19. CRYSTAL, R.G.; J.A.KASTOR; R.W.DESANCTIS:
Inhibition of discharge of an external demand
pacemaker by an electric razor.
Amer.J.Card. Jun., 695 (1971)

20. DITTRICH, H.:
Die Beeinflussung synchronisierter Herzschritt-
macher durch elektrische und impulsförmige hohe
Magnetfelder.
Prax.Chir. 17, 546 (1969)
21. EFFERT, S.; W.IRNICH:
Schrittmacherrasen unter Hochfrequenz-Therapie.
DMW 24, 909 (1977)
22. FARNARIER, G.; P.JAQUENOU; A.PONTHIEU:
Adénomectomie prostatique chez un malade porteur
d'un pace-maker.
J.D'Urologie 9, 70 (1964)
23. FASTENMEIER, K.; FLACHENECKER, G.:
Elektrische Sicherheitsrisiken bei der Hochfrequenz-
chirurgie und deren Vermeidung.
Biomed. Technik, 24, 399, 6 (1979)
24. FEIN, R.L.:
Transurethral Resection of the Prostate with an
in situ internal cardiac pacemaker.
J.Urology Jan., 137 (1967)
25. FLACHENECKER, G.; K.FASTENMEIER:
Die transurethrale Prostataresektion mit Hochfre-
quenzströmen aus elektro-technischer Sicht.
Urologe A, 15, 167 (1976)

26. FLACHENECKER, G.:
Hochfrequenzströme bei der TUR.
Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für
Urologie, 30. Tagung, 507 - 514 (1978)
Springer-Verlag, Berlin 1979.
27. FLACHENECKER, G.; K.FASTENMEIER, E.SCHMIEDT,
F.EISENBERGER:
Zur Frage der kapazitiven Leckströme bei der
transurethralen Prostataresektion bei Verwendung
von Metallschäften.
Urologe A, 16, 25 - 27 (1977)
28. FLACHENECKER, G.; K.FASTENMEIER:
High frequency current effects during transure-
thral resection.
Journ.Urol., 122, 336 (1979)
29. FORSMARK, L.: J.TASCHNER; M.WEISSHAAR; F.RUTSCH;
D.VAUSE; W.WERNITSCH; F.KESSLER:
Die Beeinflussung von Herzschrittmachern durch
Radaranlagen und Hochfrequenzherde.
Thoraxchirurgie 22, 106 (1974)
30. FURMAN, S.; P.HURZELER; R.MEHRA:
Cardiac pacing and pacemakers IV.
Threshold of cardiac stimulation.
Amer.Heart J. 1, 115 (1977)
31. GAMS, E.; E.FEDER; W.HEIMISCH; H.MEISNER:
Externe Störbeeinflussung von Herzschrittmachern.
Herz 3, 367 (1978)

32. GEBHARDT, U.; W.IRNICH:
Störbeeinflussung von Herzschrittmachern durch
Diathermie, gemessen an verschiedenen Simulations-
modellen.
Biomed. Techn. 24 , 10 (1979)
33. GEBHARDT-SEEHAUSEN, U.; S.RECKER:
Reaktionen moderner Herzschrittmacher auf Störquellen.
Lebensversicherungsmed., 1, 2 (1984)
34. GELDER, VAN L.M.; EL GAMAL:
Externally induced irreversible runaway pacemaker
Pace, 4, 578 (1981)
35. GELDER, VAN L.M.; EL GAMAL:
Magnet application, a cause of persistent arrhythmias
in physiological pacemakers.
Report of 2 cases.
Pace, 5, 710 (1982)
36. GIEDWOYN, J.O.:
Pacemaker failure following external defibrillation.
Circulation Aug., 293 (1971)
37. GREBER, F.; J.FRICK; H.MARBERGER:
Eine Mitteilung zum Problem der transurethralen
Elektroresektion der Prostata bei Patienten mit
intrakardialen Herzschrittmachern.
Urol.int. 25, 540 (1970)

38. GREENE, L.F.; J.MERIDETH:
Transurethral operations employing high frequency
electrical currents in patients with demand cardiac
pacemakers.
J.Urology Sept., 446 (1972)
39. GREENE, L.F.; G.H.MYERS;jr.; B.D.MCCALLISTER:
Transurethral resection of the prostate in patients
with cardiac pacemakers.
Brit.J.Urol. 41, 572 (1969)
40. HOLPER, K.; R.A.ZINK, W.HEIMISCH:
Stand der Schrittmachertechnik.
Herz 3, 158 (1978)
41. IRNICH, W.:
Stand der Schrittmachertherapie:
Bisherige Erfahrungen und Entwicklungstendenzen.
Herz 3, 95 (1974)
42. IRNICH, W.; J.M.T. DE BAKKER; H.J.BISPING:
Electromagnetic interference in implantable pace-
makers.
Pace Jan.-Apr., 52 (1978)
43. IRNICH, W.; J.M.T. DE BAKKER; H.J.BISPING:
Störbeeinflussung von Herzschrittmachern.
Störquellen, Störverhalten, Gegenmaßnahmen.
Biomed.Techn. 5, 193 (1974)

44. IRNICH, W.; V.PARSONNET; G.H. MYERS:
Compendium of pacemaker technology. II
Pace, 2, 88 (1979)
45. IRNICH, W.; V.PARSONNET; G.H.MYERS:
Compendium of pacemaker technology. II
Pace, 2, 634 (1979)
46. IRNICH, W.; V.PARSONNET; G.H.MYERS:
Compendium of pacemaker technology. II
Pace, 3, 68 (1980)
47. IRNICH, W.:
Technik moderner Schrittmacher-Systeme.
Verh. Dt.Ges. Herz/Kreisl. 47, 87 - 97 (1981)
48. JAKOBS, L.J.; J.S.KERZNER; M.A.DIAMOND; C.L.SPRUNG:
Myopotential inhibition of demand pacemakers:
Detection by ambulatory elektrokardiography.
Amer.Heart J. Mar., 346 (1981)
49. JOST, M.; D.SCHELKER; E.STEINMANN; A.HOFFMANN;
F.BURKART:
Inhibierung und Triggerung von Herzschrittmachern
durch Muskelpotentiale.
Schweiz.med.Wschr. 45, 1588 (1982)
50. KESHISHIAN, J.M.; N.P.D.SMYTH; O.C.HOOD; A.A.HOFF-
MANN; N.R.BAKER, E.PODOLAK; A.P.BASU:
The behavior of triggered unipolar pacemakers in
active magnetic fields.
J.Thor.a.Cardiovasc.Surgery Nov., 772 (1972)

51. KING, G.R.; A.C.HAMBURGER; F.PARSA; ST.J.HELLER;
R.A.CARLETON:
Effect of microwave oven on implanted cardiac
pacemaker.
JAMA May, 1213 (1970)
52. KOHLER, F.P.; C.C.MACKINNEY:
Cardiac pacemakers in electrosurgery.
JAMA Sept., 199 (1965)
53. LAMPADIUS, M.S.; A.WIRTZFELD; F.CH.HIMMLER:
Herzschrittmacherversagen durch elektromagnetische
Störfelder.
Med.Klin. 35, 1380 (1975)
54. LAUN, H.M.; M.E.T.HAUBER; H.VOIGT; M.STRAUCH:
Einfluß von Radarstrahlung auf Herzschrittmacher.
DMW 22, 1167 (1974)
55. LERNER, S.M.:
Suppression of a demand pacemaker by transurethral
electrocautery.
Anaesth.Analg. 5, 703 (1973)
56. LEVINE, P.A.:
Myopotential Inhibition of Unipolar Pacemakers:
A Disease of technologic Progress.
An.Intern.Med. 98, 101 (1983)
57. LEVINE, P.A.; C.H.CAPLAN; M.D.KLEIN; S.J.BRODSKY;
T.J.RYAN:
Myopotential Inhibition of Unipolar Lithium Pace-
makers.
Chest 82, 461 (1982)

58. LICHTER, I.; J.BORRIE; W.M.MILLER:
Radio-frequenzy hazards with cardiac pacemakers.
Brit.Med.J. 1, 1513 (1965)
59. MEISEL, H.H.; E.MACHTENS:
Zahnärztlich-chirurgische Eingriffe bei Patienten
mit implantierten Herzschrittmachern.
Dtsch.zahnärztl.Z. 28, 370 (1973)
60. MEISNER, H.:
Herzschrittmacher - Indikationen und Technik.
Herz 3, 145 (1978)
61. MICHAELSON, S.M.:
Environmental influences on implanted cardiac
pacemakers.
JAMA 12, 2006 (1971)
62. MULCH, J.; H.H.SCHELD; G.FRAEDRICH; F.W.HIEHRLEIN:
20 Jahre Herzschrittmacherbehandlung.
Med.Welt, 33, 696 (1982)
63. MYMIN, D.; T.E.CUDDY; S.N.SINHIA; D.A.WINTER:
Inhibition of demand pacemakers by skeletal
muscle potentials.
JAMA 5, 527 (1973)
64. NAGER, F.; L.KAPPENBERGER:
Hämodynamik nach Schrittmacherimplantation.
Intern. 18, 14 (1977)

65. NAUMANN D'ALNONCOURT,C.; B.LUDERITZ:
Technischer Entwicklungsstand elektrischer Herz-
schrittmacher.
Herz 9, 728 (1977)
66. NEU, H.; R.THULL; D.E.KARR:
Funktionsbeeinflussung implantierter Herzschritt-
macher durch Hochspannungs-Zündanlagen, Teil 1.
Biomed. Techn. 25, 116 (1980)
67. OHM, O.J.; J.BRULAND; O.M.PEDERSEN; E.WAERNES:
Interference effect of myopotentials on function
of unipolar demand pacemakers.
Brit.Heart J. 36, 77 (1974)
68. OHM, O.J.:
Inhibition/Filter Characteristics and Input Impe-
dances of QRS-Inhibited Demand Pacemakers: in vitro studies
Pace 3, 318 (1980)
69. PAVLICEK, W.; M.GEISINGER; L.CASTLE; G.P.BORKOWSKI;
T.F.MEANEY; B.L.BREAM; J.H.CALLAGHER:
The Effects of Nuclear Magnetic Resonance on
Patients with Cardiac Pacemakers.
Radiology 147, 149 (1983)
70. QUERTERMOUS, TH.; M.S.MEGAHY; D.S.DAS GUPTA;
M.L.GRIEM:
Pacemaker Failure Resulting from Radiation Damage.
Radiology 148, 257 (1983)

71. RÜHL, D.; H.M.LAUN, M.E.T.HAUBER; H.VOIGT;
M.STAUCH:
Der Einfluß von Radarstrahlen auf Herzschrittmacher.
Biom.Techn. 6, 209 (1973)
72. RÜHL, D.; H.M.LAUN; M.E.T.HAUBER; H.VOIGT;
M.STAUCH:
Der Einfluß von Radarstrahlung auf Herzschrittmacher.
DMW 22, 1167 (1974)
73. RÜHL, D.; H.M.LAUN; M.E.T.HAUBER; H.VOIGT;
M.STAUCH:
Der Einfluß von Radarstrahlung auf Herzschrittmacher.
Z.f.Kard. 5, 444 (1973)
74. RÜHL, D.; M.E.T.HAUBER; H.M.LAUN; H.VOIGT;
M.STAUCH:
Der Einfluß von Radarstrahlung auf Herzschrittmacher.
Biomed.Techn. 1, 27 (1974)
75. SCHAUDIG, A.; M.ZIMMERMANN; R.THURMAYR; J.BEYER;
Komplikationen der Schrittmachertherapie.
Int. 18, 25 (1977)
76. SCHÖTZ, W.:
Transurethrale Elektroresektion bei Patienten
mit Herzschrittmachern.
Urologe A 18, 1-3 (1979)
77. SCHULTEN, H.K.; O.BALDUS; F.R.ROHRIG; P.V.SMEKAL;
D.BEHRENBECK; H.H.HILGER:
Störbeeinflussung von implantierten Herzschritt-
machern durch Elektrogeräte und durch Muskelimpulse.
Z.Kard. 10, 889 (1973)

78. SCHWINGSHACKL, H.; R.MAUSER; H.AMOR:
Störeinflüsse von niederfrequenten Wechselströmen
auf asynchrone und gesteuerte elektrische Schrittmachersysteme bei Einsatz von Elektro-Chirurgie-
geräten.
Schweiz.med.Wschr. 101, 46 (1971)
79. SECESKY; S.I.; R.G.HAUSER; P.DENES; L.M.EDWARDS:
Unipolar sensing abnormalities:
Incidence and clinical significance of skeletal
muscle interference and undersensing in 228 patients.
Pace, 5, 10 (1982)
80. SMITH, R.B.; M.S.WISE:
Pacemaker malfunction from urethral electrocautery.
JAMA 2, 256 (1971)
81. SOWTON, E.; K.GRAY; T.PRESTON:
Electrical interference in non-competitive
pacemakers.
Brit.Heart J. 32, 626 (1970)
82. ULRICH; B.; I.BUCHTA; H.D.SCHULTE; W.BIRCKS;
F.LOOGEN:
Unterdrückung R-Zacken-blockierter Schrittmacher
durch Muskelpotentiale.
Thoraxchir. 22, 46 (1974)
83. WAJSZCZUK, W.J.; F.M.MOWRY; N.L.DUGAN:
Deactivation of a demand pacemaker by transurethral elektrocautery.
N.Engl.J.Med. 2, 34 (1969)

84. WALTER, W.H.; J.C.MITCHELL; P.L.RUSTAN;
J.W.FRAZER; W.D.HURT:
Cardiac pulse generators and electromagnetic
interference.
JAMA 12, 1628 (1973)
85. WIDMANN, W.D.; J.K.EDOGA; L.THOMAS; P.PALMER;
S.MUCCIONE:
Inhibition of Programmable Demand Pacemakers by
Pacemaker-Induced Myopotentials.
Chest. 80, 328 (1981)
86. WINNER, J.:
Inhibierung von Schrittmachern.
Medtronom (1978)
87. WIRTZFELD, A.; CH.HIMMLER:
Technischer Entwicklungsstand künstlicher Herz-
schrittmacher.
Int. 18, 38 (1977)
88. YATTEAU, R.F.:
Radar-induced failure of a demand pacemaker.
N.Engl.J.Med. 26, 1447 (1970)

L E B E N S L A U F

Am 01. August 1946 wurde ich als Sohn des Ministerialrats Dr. Walther Laubenthal und seiner Ehefrau Marianne, geb. Goymann in Benediktbeuern geboren.

Ab 1952 Besuch der Volksschule am Dom Pedro-Platz, München, anschließend des Wittelbacher Gymnasiums in München.

1966 Beginn des Tiermedizinstudiums an der Ludwig-Maximilians-Universität München.

1968 tiermedizinische Vorprüfung und Wechsel zur medizinischen Fakultät der Christian-Albrecht-Universität Kiel.

1974 Medizinisches Staatsexamen in Kiel.

1975 Medizinalassistent am Elisabeth-Krankenhaus, an der 2. Medizinischen Klinik der Universität und am Institut für Gerichtsmedizin, jeweils in Kiel und Approbation.

1976 bis Juli 1977 als Stabsarzt der Bundeswehr in der SAR-Staffel des Marinefliegergeschwaders 5 in Kiel-Holtenau.

Ab Juli 1977 Assistenzarzt der Medizinischen Abteilung
am Städtischen Krankenhaus in Kiel.

1980 Beginn mit der Dissertation an der Urologischen
Abteilung im Klinikum Großhadern und Assistenzarzt an
der Chirurgischen- und Poliklinik im Klinikum Groß-
hadern der Universität München.

1981 Assistenzarzt der Universitäts-Frauenklinik im
gleichen Klinikum und Abschluß der Weiterbildung zum
Allgemeinarzt.

Seit 1982 als Assistenzarzt in der medizinischen Ab-
teilung des Krankenhauses Landsberg/Lech in der
Weiterbildungszeit zum Arzt für Innere Medizin.

D A N K S A G U N G

Herrn Professor Dr.G. STAEBLER danke ich für die
Überlassung des Themas.

Herrn Dr.R. ZINK sei gedankt für seine Unterstützung
bei der Gestaltung der Arbeit.

Für die Bereitstellung der technischen Mittel beim
Tierversuch sei Herrn Professor D.K. MEBMER gedankt.

In dankbarer Erinnerung möchte ich Herrn Priv.Dozent
Dr.J. BEYER behalten, der leider viel zu früh verstarb.

Wesentliche Unterstützung bei der Auswertung der Daten
erfuhr ich durch Frau Marianne LAUBENTHAL.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren
Professoren und Dozenten:

Autrum, Bachmann, Bargmann, Bernsmeier, Böke,
Borm, Bücher, Burck, Dane, Dangler, Dittmer,
Djallas, Fässler, Gärtner, Grabener, Gremmel,
Grüner, Heberer, Hörhammer, Holland, Hückstädt,
Jipp, Klink, Kramer, von Kugelgen, Kümper,
von Lanz, Leder, Lennert, Liebmann, Lindner,
Löhr, Luh, Lullies, Lüllmann, Mayet, Meves,
Monjé, Müller, Müller-Ruchholtz, Niedermeyer,
von Obernberg, Oberste-Lehn, Proppe, Richter,
Schemmel, Schimmelpennig, Schwarz, Semm, Soyka,
Stutte, Völkel, Walter, Weisbecker, Welsch,
Wiberg, Wille, Witte, Zepf.

